

# مبادئ الكيمياء العملية

تأليف

د. أحمد محمد عبد السلام

د. السيد عيسى حسن

د. إسماعيل بسيوني منوت

د. أحمد محمد النجار



دار المعارف





# مبادئ الكيمياء العملية

تأليف

دكتور أحمد مدحت إسلام

أستاذ ورئيس قسم الكيمياء

كلية العلوم - جامعة الأزهر

دكتور السيد علي حسن

أستاذ الكيمياء الطبيعية

كلية العلوم - جامعة الأزهر

دكتور اسماعيل بسيوني حنوت

أستاذ الكيمياء العضوية

كلية العلوم - جامعة الأزهر

دكتور أحمد محمد النجار

أستاذ الكيمياء العضوية

كلية العلوم - جامعة الأزهر

الطبعة السابعة

١٩٨٢



دار المعارف





# مقدمة

يشمل هذا الكتاب على منهج الكيمياء العلمية لطلاب المراحل الأولى بكلليات الهندسة والطب والزراعة والعلوم والصيدلة وكليات المعلمين بجامعة جمهورية مصر العربية وغيرها من المعاهد العلمية الأخرى .

وينقسم هذا الكتاب إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

القسم الأول منها خاص بالتحليل الكيفي ويشتمل على الكشف عن كل من الشق الحمضي والقاعدي في المركبات البسيطة الصلبة أو في المحاليل أو على هيئة سبائك .

ويحتوى القسم الثانى من هذا الكتاب على التحليل الكيفي للمركبات العضوية الشائعة كالهيدروكربونات والكحولات والألدهيدات وغيرها : . .

أما القسم الثالث فيشمل على التحليل الكمي الحجمى بأنواعه المختلفة .

ولقد راعينا في هذا الكتاب أن نقدم للطلاب شرحاً وافياً للأسس النظرية للتجارب المختلفة التى يقوم بها حتى يتمكن من إدراك أهمية هذه التجارب وعلاقتها بدراسة النظرية .

ونحن نرجو بذلك أن نكون قد أضفنا إضافة جديدة إلى المكتبة العربية .

والله ولي التوفيق

المؤلفون







# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
المقدمة	٣

### القسم الأول

#### التحليل الكيفي للمركبات غير العضوية

##### الباب الأول :

اختبارات تمهيدية	١٥
دراسة لهب بنزن	١٥
اختبار الذوبان	١٧
تأثير الحرارة على المادة الصلبة	١٨
اختبار لهب البورى	١٩
اختبار اللهب	٢١
اختبار خرزة البوراكس	٢٢

##### الباب الثانى :

الكشف عن الشق الحمضى فى الأملاح البسيطة	٢٥
مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف	٢٦
مجموعة حمض الكبريتيك المركز	٣٥
المجموعة العامة	٣٩
الجدول العام للكشف عن الشق الحمضى فى الأملاح البسيطة	٤٥

##### الباب الثالث :

الكشف عن الشق القاعدى فى الأملاح البسيطة	٥٠
--	----



الصفحة	الموضوع
٥٢	المجموعة الأولى
٥٧	المجموعة الثانية
٥٧	المجموعة ٢ ٢
٦١	المجموعة ٢ ب
٦٧	المجموعة الثالثة
٧٤	المجموعة الرابعة
٧٩	المجموعة الخامسة
٨٢	المجموعة السادسة
٨٦	الجدول العام للكشف عن الشق القاعدى للملح بتبسيط

#### الباب الرابع :

٩٢	الكشف عن الشق الحمضى فى المحاليل والمخاليط
٩٢	جدول الكشف عن الشق الحمضى فى المحاليل
٩٥	جدول الكشف عن الشق الحمضى فى المخاليط
١٠٠	الكشف عن المحاليل

#### الباب الخامس :

١٠٤	الكشف عن الشق القاعدى فى المخاليط
-----	-----------------------------------

#### أولا - الأسس النظرية

١٠٤	المجموعة الأولى
١٠٧	المجموعة الثانية
١٠٧	المجموعة ٢ ٢
١٠٩	المجموعة ٢ ب
١٠٩	المجموعة الثالثة
١١٠	المجموعة الرابعة
١١٢	المجموعة الخامسة
١١٢	المجموعة السادسة
١١٤	



الصفحة	الموضوع
١١٥	ثانياً - طريقة العمل
١١٥	المجموعة الأولى
١١٦	المجموعة الثانية
١١٧	المجموعة ٢
١١٩	المجموعة ٢ ب
١١٩	المجموعة الثالثة
١٢١	المجموعة الرابعة
١٢٤	المجموعة الخامسة
١٢٦	المجموعة السادسة
١٢٦	المجموعة الثالثة في وجود الفوسفات
١٢٨	السياتك
١٢٩	تحليل السياتك

## القسم الثاني

### التحليل الكيفي للمركبات العضوية

#### الباب السادس :

١٣٧	تنقية المواد العضوية
-----	----------------------

#### الباب السابع :

١٤٥	التحليل الكيفي
-----	----------------

#### الباب الثامن :

١٥٠	الكشف عن المركبات العضوية البسيطة
-----	-----------------------------------

١٥٠	الهيدروكربونات
-----	----------------

١٥٠	الهيدروكربونات العطرية
-----	------------------------

١٥٠	البتترول
-----	----------



الصفحة	الموضوع
١٥٤	الطولوين
١٥٦	النافثالين
١٥٨	الأنثراسين
١٦٠	<b>الكحولات</b>
١٦٠	الكحول الميثيلي
١٦٢	الكحول الإيثيلي
١٦٤	الكحول الإميلي
١٦٥	كحول الألايلي
١٦٧	الكحول البتريلي
١٦٩	الجلسرين
	<b>الألدهيدات :</b>
١٧٠	الفورمالدهايد
١٧٢	الأسيتالدهايد
١٧٥	هيدرات الكلورال
١٧٦	البترالدهايد
١٧٩	الساليالدهايد
١٨٢	<b>الكيتونات :</b>
١٨٢	الأسيتون
١٨٤	<b>الأحماض العضوية :</b>
١٨٥	الأحماض الأليفاتية
١٨٥	حمض الفورميك
١٨٨	حمض الخليك
١٩٠	حمض الأكساليك
١٩٢	حمض الطرطريك
١٩٥	حمض الستريك



الموضوع	الصفحة
الأحماض العطرية :	١٩٧ . . . . .
حمض البترويك	١٩٧ . . . . .
حمض الساليسليك	١٩٩ . . . . .
أملاح الأمونيوم :	
اليوريا	٢٠١ . . . . .
الفينولات :	
الفينول	٢٠٣ . . . . .
الأمينات	٢٠٧ . . . . .
الأمينات العطرية	٢٠٧ . . . . .
الأتيلين	٢٠٧ . . . . .
أملاح الأتيلين	٢١٠ . . . . .
الكربوهيدرات	٢١١ . . . . .
السكريات الأحادية	٢١٥ . . . . .
السكريات الثنائية	٢١٥ . . . . .
الكربوهيدرات عديدة السكريات	٢١٦ . . . . .
الجدول العام للكشف عن المركبات العضوية البسيطة	٢١٧ . . . . .
جدول الكشف عن السوائل	٢١٨ . . . . .
جدول الكشف عن المواد الصلبة	٢٢٠ . . . . .

### القسم الثالث

### التحليل الكمي

### الباب التاسع :

التحليل الحجمي	٢٢٨ . . . . .
----------------	---------------



## الصفحة

## الموضوع

٢٢٩	تقسيم التفاعلات في التحليل الحجمي
٢٣٢	ملاحظات على التنفيذ العملي للتجارب باستخدام الأجهزة

## الباب العاشر :

٢٣٦	تفاعلات التعادل
٢٣٧	الأدلة المستخدمة في تفاعل التعادل
٢٣٨	منحنيات التعادل

## تجارب على تفاعلات التعادل

٢٤٣	تعيين عيارية محلول حمض الهيدروكلوريك باستخدام كربونات الصوديوم
٢٤٥	تعيين عيارية محلول هيدروكسيد الصوديوم باستخدام حمض الهيدروكلوريك
٢٤٦	تعيين قوة وعيارية محلول هيدروكسيد الصوديوم باستخدام حمض الأكساليك
٢٤٧	تعيين قوة وعيارية كل من كربونات الصوديوم وبيكربونات الصوديوم في مخلوط منها باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك القياسي
٢٤٩	تقدير قوة وعيارية كل من كربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم في مخلوط منها باستخدام حمض الهيدروكلوريك القياسي
٢٥٠	تقدير النشادر في أملاح الأمونيوم
٢٥٢	تحليل عينة من حمض الفسفوريك التجاري

## الباب الحادي عشر :

٢٥٨	تفاعلات الأكسدة والاختزال
٢٦٠	الوزن المكافئ لعامل مؤكسدة أو مختزل
٢٦١	الدلائل المستخدمة لتعيين نقطة التكافؤ
٢٦٢	الدليل الداخلي
٢٦٢	الدليل الخارجي

## أولاً - الأكسدة بواسطة برمنجنات البوتاسيوم

٢٦٣	معايرة البرمنجنات مع حمض الأكساليك
٢٦٥	معايرة البرمنجنات مع كبريتات الحديدوز والأمونيوم



٢٦٦	تحليل مخلوط من حمض الأكساليك وأكسالات الصوديوم :
٢٦٧	تحليل عينة من البيروكسازيت
٢٦٩	تقدير الحديد في عينة من شب الحديد
٢٧١	تحليل فوق أكسيد الأيلروجين .
٢٧٢	تقدير النتريتات .
٢٧٤	ثانياً - التأكد باستخدام بيكرومات البوتاسيوم
٢٧٥	تقدير أملاح الحديدوز
٢٧٧	تحليل مخلوط من الحديدوز والحديديك .
٢٧٩	ثالثاً - عمليات الاختزال بواسطة اليود
٢٨١	معايرة ثيوكبريتات الصوديوم باستخدام محلول قياسي من بيكرومات البوتاسيوم :
٢٨٢	معايرة محلول ثيوكبريتات الصوديوم باستخدام محلول قياسي من يودات البوتاسيوم
٢٨٣	معايرة اليود بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم
٢٨٤	تقدير الكبريتات
٢٨٥	تقدير الرصاص
٢٨٧	تقدير النحاس في كبريتات النحاس .
الباب الثاني عشر :	
٢٨٨	تفاعلات الترسيب
٢٨٨	تفاعلات الترسيب
٢٨٨	الكشف عن نقطة التكافؤ في تفاعلات الترسيب
٢٨٨	١ - طريقة مور .
٢٨٩	٢ - طريقة فولارد
٢٨٩	٣ - طريقة فاجان
٢٩٠	٤ - طريقة التعكير
٢٩١	معايرة محلول نترات الفضة بواسطة كلوريد الصوديوم :
٢٩١	( ١ ) بطريقة مور

الصفحة	الموضوع
٢٩٢	(ب) بطريقة فاجان
٢٩٣	معايرة محلول ثيوسيانات البوتاسيوم باستخدام نترات الفضة
٢٩٤	تحليل خليط من حمض الهيدروكلوريك وكلوريد الصوديوم
٢٩٦	تحليل خليط من هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الصوديوم
٢٩٧	تقدير سيانيد البوتاسيوم
٢٩٨	تقدير نقاوة عينة من كلوريد الصوديوم
٢٩٩	طرق تحضير بعض الكواشف شائعة الاستعمال
٣٠٦	الإسعافات الأولية لحوادث العمل
٣١٢	جدول الأوزان الذرية للعناصر الشائعة
٣١٣	توجيهات للطلبة



# القسم الأول

التحليل الكيفي

للمركبات غير العضوية





# الباب الأول

## اختبارات تمهيدية

ينقسم التحليل الكيميائي إلى قسمين رئيسيين :

التحليل الكيفي : Quantitative Analysis

والغرض منه هو الكشف عن أى مادة مجهولة سواء كانت ملحاً بسيطاً أو مخلوطاً من عدة مواد للتعرف على مكوناتها .

التحليل الكمي Qualitative Analysis .

ويختص بتقدير نسبة هذه المكونات بعضها إلى البعض :

ولا بد أن تجرى عمليات التحليل الكيفي أولاً للتعرف على مكونات المادة المختبرة حتى يمكن

اختيار الطرق المناسبة التي يجب اتباعها في التحليل الكمي :

وهناك نوعان من الاختبارات المستخدمة في التحليل الكيفي هما :

١ - الاختبارات الجافة Dry Tests .

وتجرى على المادة الصلبة .

٢ - الاختبارات الرطبة Wet Tests

وتجرى على محاليل المواد .

ويعتمد التحليل الكيفي أساساً على الاختبارات الرطبة وإن كان للاختبارات الجافة أهميتها

في إعطاء فكرة مبدئية عن المادة المختبرة . هذا عن أن اختبار اللهب واختبار خرزة البوراكس كثيراً ما يستخدمان لتأكيد وجود فلز ما في المادة المختبرة .

ومن الضروري لإجراء الاختبارات الجافة أن يلم الطالب بلهب بترن بنوعية المضيء وغير

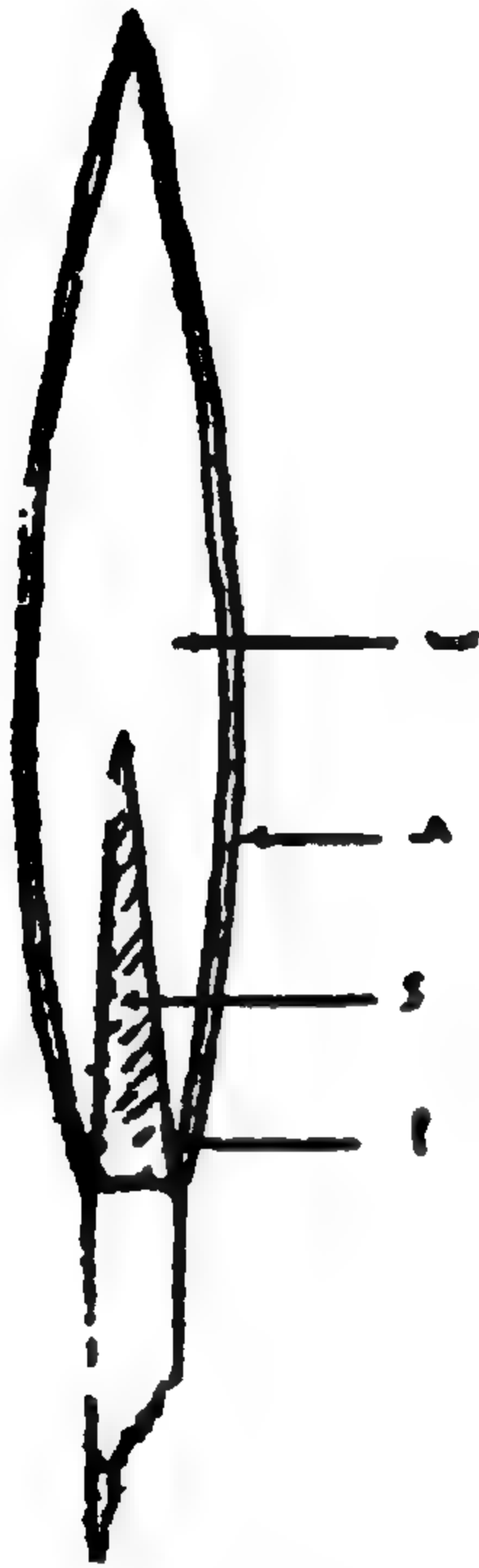
المضيء .

### لهب بترن المضيء :

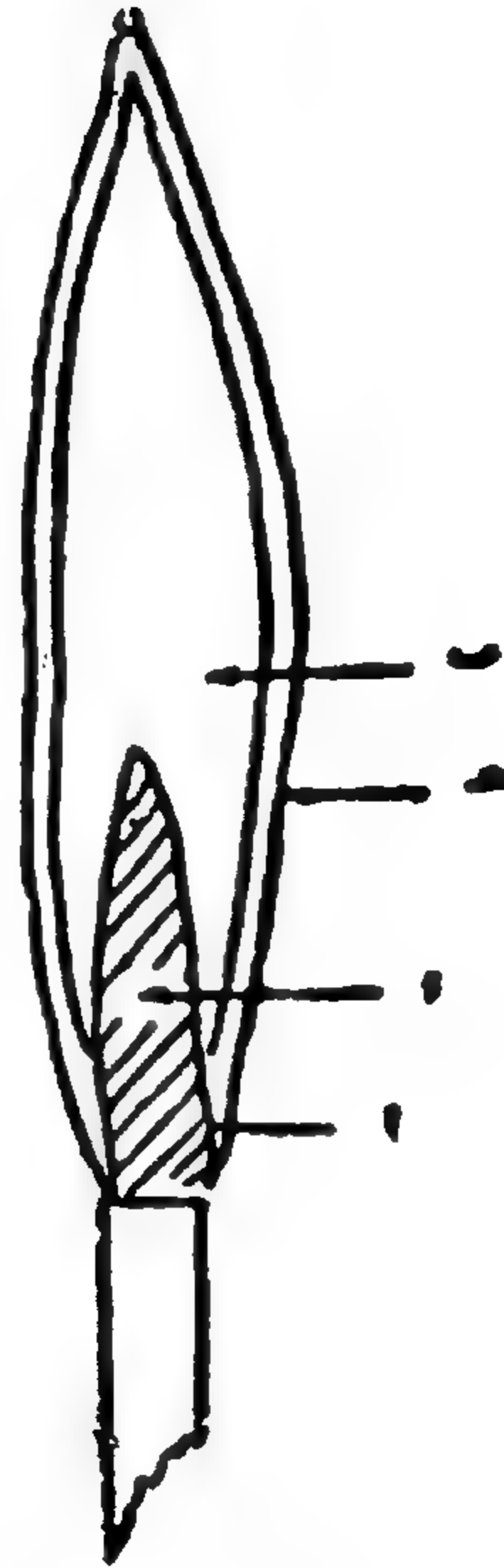
لهب بترن المضيء : يتكون هذا النوع من اللهب عند إغلاق الفتحة السفلية لمصباح بترن

( منظم الهواء ) ويتكون اللهب في هذه الحالة كما في شكل ( ١ ) من المناطق التالية :

١ - منطقة صغيرة زرقاء اللون ( ٢ ) عند قاعلة اللهب .



(شكل ٢)



(شكل ١)

- ٢ - منطقة يحدث فيها احتراق جزئى (ب) وتظهر بها دقائق الكربون غير تام الاحتراق مما يجعلها تتوهج بلون أصفر واضح .
- ٣ - منطقة الاحتراق الكامل (ج) وهى عبارة عن غلاف رقيق يحيط باللهب أجمعه :
- ٤ - منطقة غاز مشتعل (د) ولا يشتعل الغاز فى هذه المنطقة لعدم توفر الهواء بها :

### لهب بنزن غير المضىء :

ينتج هذا اللهب عند فتح فتحة الهواء بالمصباح مما يؤدي إلى اختلاط قدر وافر من الهواء بالغاز . ويتكون باللهب فى هذه الحالة كما فى شكل (٢) من المناطق التالية :

- ١ - منطقة تكون درجة الحرارة فيها أقل ما يمكن (أ) وتصلح لإجراء اختبار السلك البلاتينى .
- ٢ - منطقة تكون درجة الحرارة فيها أعلى ما يمكن (ب) وتصلح لتنظيف السلك البلاتينى أو لتحضير خرزات البوراكس .
- ٣ - منطقة اللهب المؤكسد (ج) وتصلح لإجراء اختبار خرزة البوراكس فى اللهب المؤكسد :



٤ - منطقة اللهب المختزل ( ٥ ) وتصلح لإجراء اختبار خرزة البوراكس في اللهب المختزل .

وتتلخص الاختبارات التمهيدية في .

ملاحظة الشكل واللون - اختبار الذوبان - تأثير الحرارة على المادة الصلبة - اختبار لهب البورى - اختبار اللهب - اختبار خرزة البوراكس .

### أولاً - ملاحظة الشكل واللون :

قد يفيد في أخذ فكرة مبدئية عن الملح كما يتضح من الأمثلة التالية :

أزرق قائم	: يوجد نحاس
أخضر باهت	: قد يعنى وجود الحديدوز
أخضر	: ربما يوجد نحاس أو نيكل
أخضر قائم	: ربما يوجد كروم
أصفر	: ربما يوجد حديدك
لون البشرة	: يحتمل وجود منجنيز
أحمر وردى	: يوجد كوبلت

### ثانياً - اختبار الذوبان :

تعتبر المادة ذائبة تماماً عند إضافة قدر صغير منها إلى مقدار مناسب من المذيب بحيث يعطى هذا الخليط محلولاً راتقاً شفافاً بعد درجة سواء على البارد أو بعد التسخين . وفي حالة الشك في عدم ذوبان المادة في المذيب يرشح المحلول ويختر جزءه من الراشح إلى درجة الجفاف حيث يترك في حالة ذوبان المادة أثراً من المادة الصلبة على جدران الأنبوبة .

والتعرف على قابلية ذوبان المواد في الماء له فوائده في التحليل الكيفي .

وفيما يلي ملخص لقابلية المركبات شائعة الذوبان في الماء :

### الأملاح الآتية تذوب في الماء :

جميع الكلوريدات والبروميدات واليوديدات فيما عدا أملاح الفضة والزرنيخوز والنحاسوز والرصاص .

كلوريد وبروميد الرصاص يذوب في الماء الساخن ويرسب بالتبريد أما كلوريد البزموت وكلوريد الأنثيمون فقد يصعب إذابتهما في الماء نتيجة لتحليل المائى وتكون الأملاح القاعدية .



### جميع اليكربونات

جميع الكبريتات فيما عدا كبريتات الباريوم وكبريتات الاسترانسيوم - أما كبريتات الكالسيوم وكبريتات الرصاص فهي قليلة الذوبان في الماء .

جميع النتريتات فيما عدا نتريت القضة فهو شحيح الذوبان .

### جميع النترات

### جميع الكلورات

## الأملاح الآتية لا تذوب في الماء :

جميع الكربونات فيما عدا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم .

جميع الفوسفات والاكسالات فيما عدا أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم .

جميع الكبريتات فيما عدا كبريتات الفلزات القلوية .

جميع الكبريتيدات فيما عدا كبريتيدات الصوديوم والبوتاسيوم والأمونيوم والكالسيوم والاسترانسيوم والباريوم .

جميع الأكاسيد والهيدروكسيدات فيما عدا مركبات الصوديوم والبوتاسيوم أما هيدروكسيدات الكالسيوم والاسترانسيوم والباريوم فهي قليلة الذوبان في الماء .

## ثالثاً - تأثير الحرارة على المادة الصلبة :

نوضع كمية قليلة من المادة المختبرة في أنبوبة جافة ونسخن في لهب بترن تسخيناً هيناً في بادئ الأمر وبعد ذلك نرفع درجة الحرارة تدريجياً وتلاحظ التغيرات التي تطرأ على المادة طوال مدة التسخين . فقد يتصاعد بخار الماء كما في المواد المحتوية على ماء تبلر ، أو قد تنصهر المادة أو تتسامى أو تتحلل مع تغير في اللون . وكثيراً ما يتصاعد غازات يمكن الاستدلال عليها من الخواص المميزة لها .

وبالحلول التالي يبين تأثير الحرارة على بعض المركبات الشائعة :



المادة	الغاز المتصاعد
من الكلوروات وبعض الأكاسيد وبعض النترات . من الكربونات والبيكربونات . من أملاح الأمونيوم .	غاز الأكسجين ( يساعد على إشعال شظية متوهجة ) . غاز ثاني أكسيد الكربون ( يعكر ماء الجير ) غاز النوشادر ( يكون سحب بيضاء من حمض الهيدروكلوريك ) . غاز ثاني أكسيد الكبريت ( يخضر ورقة مبللة بمحلول بيكرومات البوتاسيوم ) . غاز كبريتيد الهيدروجين ( رائحة البيض الفساد ) . أكاسيد النتروجين ( غازات بنية )
من نترات ونيتريتات بعض المعادن الثقيلة . بعض الكلوريدات غير الثابتة . بعض البروميدات غير الثابتة . بعض اليوديدات غير الثابتة .	غاز الكلور . غاز البروم . أبخرة اليود .

#### رابعاً - اختبار لهب البورى :

لإجراء هذا الاختبار يستعمل لهب بتزن المضيء والبورى ( وهو عبارة عن أنبوبة معدنية معكوفة ) وكتلة من الفحم المضغوط محفور على أحد أسطحها فجوة صغيرة توضع فيها المادة المختبرة .

ويمكن بواسطة البورى الحصول على نوعين من اللهب أحدهما مختزل والآخر مؤكسد .

اللهب المختزل : ويمكن الحصول عليه بوضع طرف البورى خارج اللهب مباشرة ثم النفخ بهدوء وانتظام . وتبدو الشعلة في هذه الحالة مضيئة جزئياً نظراً لاحتوائها على دقائق من الكربون غير المشتعل .

اللهب المؤكسد : ويمكن الحصول عليه بوضع طرف البورى في وسط اللهب تقريباً ثم النفخ بشدة وانتظام . وفي هذه الحالة تبدو الشعلة غير مضيئة ( لونها أزرق كلهب بتزن غير المضيء ) ولا تحتوى على دقائق كربون غير مشتعل .

## ( أ ) في اللهب المختزل :

ويجرى الاختبار بخلط المادة المختبرة مع ضعف وزنها من كربونات الصوديوم اللامائية أو مخلوط الانصهار ( وهو عبارة عن مخلوط من كربونات الصوديوم والبوتاسيوم بنسبة أوزانها الجزئية ) ثم يوضع قليل من هذا الخليط في الفجوة على قطعة الفحم . وبعد ذلك يصبوب إليها لب البورى المختزل حتى ينصهر الخليط بشكل متجانس ويلاحظ شكل ولون مخلفات عملية الانصهار .

عند تسخين المادة المختبرة مع كربونات الصوديوم ( أو مخلوط الانصهار ) يحدث تبادل للشقوق بحيث تتكون كربونات الشق القاعلى بالمادة المختبرة وأملاح الصوديوم ( أو البوتاسيوم ) للشق الحمضى فيها التى تمتص فى مسام قطعة الفحم . وتتحلل الكربونات الناتجة بسهولة إلى أكسيد الفلز وثانى أكسيد الكربون : وقد يختزل الأكسيد بدوره إلى الفلز نفسه أو يظل كما هو دون تغير . ويكون الناتج النهائى لعملية الاختزال إما الفلز نفسه أو أكسيده أو خليط من الفلز والأكاسيد معاً .

ويمكن الاستدلال على الفلز ( الشق القاعدى للملح ) من شكل ولون المتخلفات المتبقية على كتلة الفحم كما هو موضح بالجدول التالى :

المشاهدة	الاستنتاج
قطع رمادية قائمة محاطة بقشرة صفراء	رصاص
قطع فلزية بيضاوية لينة	فضة
قطع هشة محاطة بقشور صفراء أو برتقالية	بزموت
قطع فلزية هشة محاطة بقشور بيضاء	أنثيمون
قشور بنية قائمة	كادميوم
أبخرة بيضاء لها رائحة الثوم	زرنيخ
كتلة إسفنجية حمراء	نحاس
كتلة صفراء وهى ساخنة بيضاء وهى باردة	خارصين

## ( ب ) في اللهب المؤكسد :

أكاسيد بعض الغازات مثل الأمونيوم والكالسيوم والستراتشيوم والصوديوم والمغنسيوم لا تختزل بالفحم ولكنها تتوهج بوضوح عند تسخينها بشدة في اللهب المؤكسد . فعند تكوين كتلة بيضاء غير قابلة للانصهار تندى هذه الكتلة بنقطة واحدة من نترات الكوبلت ثم تسخن ثانياً ويلاحظ اللون المتكون ( يجب مراعاة عدم إضافة زيادة من نترات الكوبلت لأن هذا قد يؤدي إلى تكوين كتلة سوداء من أكسيد الكوبلت يصعب معها تمييز اللون الناتج ) .



المشاهدة	الاستنتاج
كتلة خضراء ( أخضر ريمان )	خارصين
كتلة زرقاء ( أزرق تينارد )	ألومنيوم
كتلة أرجوانية أو حمراء وردية	مغنسيوم

#### خامساً - اختبار اللهب :

يستعمل في إجراء هذا الاختبار سلك بلاتيني طوله حوالي ٥ سم مثبت في ساق زجاجية ، ويجب التأكد من نظافة السلك قبل استعماله . وللتأكد من ذلك يؤخذ قليل من حمض الهيدروكلوريك المركز في زجاجة ساعة ويغمس فيه طرف السلك ثم يسخن في منطقة الاحتراق التام في لهب بترن غير المضيء [منطقة (ب) شكل (٢) ] . تكرر هذه العملية حتى يتغير لون اللهب بأي لون وفي هذه الحالة يصبح السلك نظيفاً ومعداً للاستعمال .

يغمس طرف السلك البلاتيني وهو بارد في حمض الهيدروكلوريك المركز ، ويؤخذ عليه كمية صغيرة جداً من المادة المختبرة ، ثم يوضع السلك وما عليه في المنطقة ( أ ) من اللهب غير المضيء ( شكل ٢ ) ، ويلاحظ اللون الذي يكسبه اللهب . ثم يرفع السلك تدريجياً إلى أعلى مناطق اللهب حرارة لإمكان الكشف عن المواد صعبة التطاير . ويجب ملاحظة عدم تعريض المادة المختبرة للمنطقة شديدة الحرارة مباشرة لتجنب التداخل في الألوان المتكونة خصوصاً في حالة وجود خليط من المواد .

يمكن تكرار العملية السابقة عدة مرات مع ملاحظة تنظيف السلك البلاتيني بعد كل تجربة للتأكد من اللون الذي يكسبه اللهب . ويعزى هذا اللون إلى الشق القاعدي للمادة المختبرة : ويلاحظ لون اللهب الناتج الذي يستدل منه على الفلز طبقاً للجدول التالي :

الفلز	لون اللهب
صوديوم	اصفر ذهبي لامع يستمر مدة
بوتاسيوم	بنفسجي باهت يزول بسرعة ( يشاهد خلال زجاج الكوبلت الأزرق )
باريوم	أخضر باهت يستمر مدة
استرانسيوم	قرمزي يستمر مدة
كالسيوم	أحمر طوبي
نحاس	أخضر فاتح أو أزرق
زئبق	رمادي ( مع رائحة الثوم )
رصاص - قصدير - أنتيمون	أزرق قائم يزول بسرعة
يزموت	
منجنيز	أخضر باهت يزول بسرعة

هنا ومن الممكن النظر إلى اللهب خلال زجاجة قائمة تسمى زجاجة الكوبلت حيث تمتص هذه الزجاجة بعض الألوان مثل لون الصوديوم فلا يمر خلالها ولا نراه العين بينما تبدو بعض الألوان الأخرى كما في الجدول التالي :

الفلز	لون اللهب	اللون كما يبدو من خلال زجاجة الكوبلت
صوديوم بوتاسيوم كالسيوم استرانسيوم باريوم	أصفر ذهبي لامع بنفسجي باهت أحمر طوي قرمزي أخضر باهت	عديم اللون قرمزي أخضر فاتح قرمزي أخضر

#### سادساً - اختبار خرزة البوراكس :

يجرى هذا الاختبار باستخدام سلك بلاتيني نظيف مثبت في ساق زجاجة بعد تشكيل طرفه على هيئة عروة صغيرة ( دائرة كاملة ) : يسخن السلك البلاتيني تسخيناً شديداً للدرجة الاحمرار في لهب بترن غير المضىء ثم يغمس السلك وهو ساخن في مسحوق البوراكس. بعد ذلك يعرض السلك وما علق من مسحوق البوراكس للهب مرة أخرى في المنطقة شديدة الاحتراق [منطقة (ب) شكل ٢] فينتفخ البوراكس ثم ينصهر مكوناً خرزة زجاجية شفافة من ميثابورات الصوديوم والنتريدبوريك . ويجب ملاحظة بسك السلك في وضع أفقي عند التسخين وذلك لتجنب سقوط الخرزة ..

تندى خرزة البوراكس بعد تكوينها بالماء المقطر ثم يؤخذ عليها كمية قليلة جداً من المادة المراد اختبارها ( يجب أن تكون كمية المادة بسيطة جداً لتجنب الحصول على خرزة داكنة غير شفافة فلا يسهل تمييز لونها ) . تسخن الخرزة وما يعلق بها في منطقة اللهب المؤكسد [ المنطقة (ب) شكل ٢ ] وتلاحظ اللون الناتج . ثم يعاد تسخين الخرزة في اللهب المختزل ويلاحظ اللون الناتج في هذه الحالة .

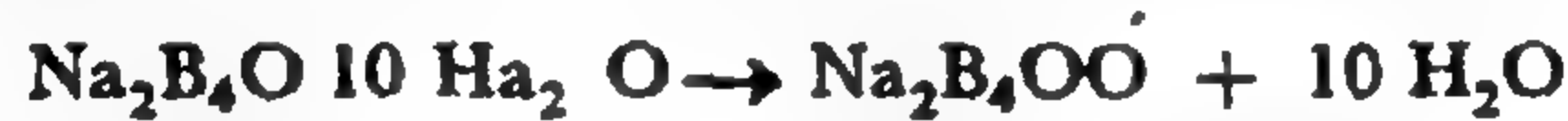
ومن الألوان الناتجة في كلتا الحالتين يمكن الاستدلال على الفلز طبقاً للجدول التالي :



الفلز	اللون	
	في اللهب المختزل	في اللهب المؤكسد
نحاس	عديم اللون أو بني محمر غير رائق	أخضر في الحُرزة الساخنة ، وأزرق خفيف في الحُرزة الباردة
حديد	أخضر باصفرار	بني في الحُرزة الساخنة وأصفر في الحُرزة الباردة
كروم	أخضر	أخضر زمردى في الحُرزة الساخنة أو الباردة
منجنيز	عديم اللون أو أحمر باهت جداً	بنفسجى مائل إلى الزرقة في الحُرزة الساخنة أو الباردة
نيكل	رمادى غير رائق لانهصال معدن النيكل أو عديم اللون لتكون مملغم مع البلاتين	بنفسجى في الحُرزة الساخنة وبني في الحُرزة الباردة
كوبلت	أزرق قائم	أزرق قائم في الحُرزة الساخنة أو الباردة

### تفسير تفاعلات حُرزة البورا كس :

١ - عند تسخين البورا كس فإنه يفقد ماء التبخر متحولاً إلى رابع بورات الصوديوم اللامائية التي تنصهر عند تسخينها لتعطي الحُرزة الشفافة المكونة من ميتابورات الصوديوم وأندريد بوريك :



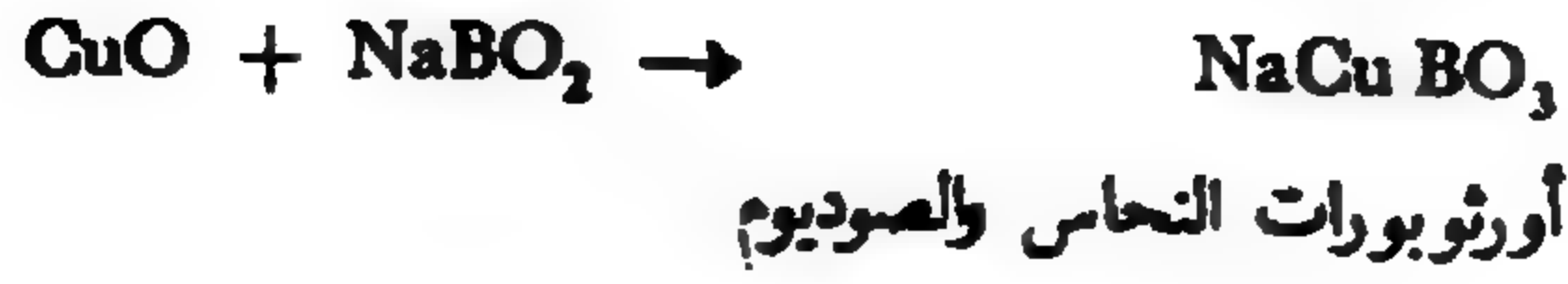
وأثناء عملية التسخين يتحول الملح المختبر إلى أكسيد الفلز .

٢ - يتحد أكسيد الفلز مع أندريد بوريك مكوناً ميتابورات وأورثو بورات الفلز حيث تنصهر مع بعضها مكونة الحُرزة الملونة .

فمثلاً في حالة أملاح النحاس في اللهب المؤكسد . يتحد أكسيد النحاسيك مع أندريد بوريك وميتابورات الصوديوم مكوناً ميتابورات النحاسيك وأورثو بورات النحاس والصوديوم :

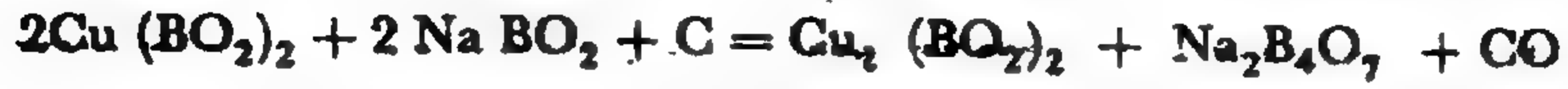


ميتا بورات النحاسيك

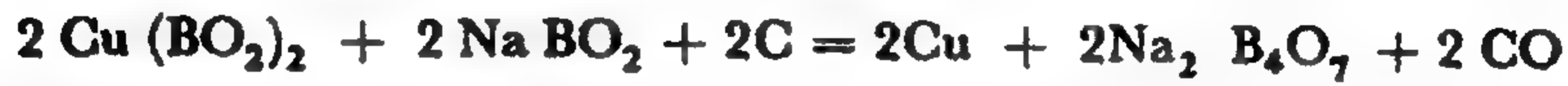


ويعزى لون الحُرزة الأخضر إلى بورات النحاسيك المتكونة :

أما في اللهب المختزل ( أى في وجود دقائق من الكربون ) فإن ميتا بورات النحاسيك الخضراء تختزل إلى ميتا بورات النحاسوز عديمة اللون .



أوقد تختزل إلى معدن النحاس حيث تظهر الحُرزة معتمه جمراء اللون غير راتقة .



وفي حالة أملاح الحديد فتتكون بورات الحديدك  $\text{Fe} (\text{BO}_2)_3$  في اللهب المؤكسد

وتكسب الحُرزة لوناً بنياً أو أصفر . كما تتكون بورات الحديدوز  $\text{Fe} (\text{BO}_2)_2$  في اللهب المختزل : ويعزى لها اللون الأخضر الفاتح للحُرزة .

## البَابُ الثَّانِي

### الكشف عن الشق الحمضي في الأملاح البسيطة

تنقسم الأملاح البسيطة إلى ثلاث مجموعات تبعاً لحساسيتها لكل من الأحماض المخففة والمركزة .

#### ١ - مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف :

تتأثر أملاح هذه المجموعة بـحمض الهيدروكلوريك المخفف وتعطي غازات تتميز برائحة خاصة أو تفاعلات مميزة وهذه المجموعة تشمل على :

الكربونات - البيكربونات - الكبريتيت - الثيوكبريتات - الكبريتيدات - النترات -  
السيانات - السيانيدات - والكلورات .

#### ٢ - مجموعة حمض الكبريتيك المركز :

لا تتأثر أملاح هذه المجموعة بـحمض الهيدروكلوريك المخفف ولكنها تتفاعل مع حمض الكبريتيك المركز وهذه المجموعة تشمل على : الكلوريدات - البروميدات - اليوديدات -  
النترات - والنيوسانات .

#### ٣ - المجموعة العامة :

لا تتأثر أملاح هذه المجموعة بكاشف محدد مشترك بينها : ولذا يجري الكشف عنها بتفاعلاتها الفردية وهذه المجموعة تشمل على :

الكبريتات - البورات - الفوسفات - الزرنيخات - والزرنيخيت .



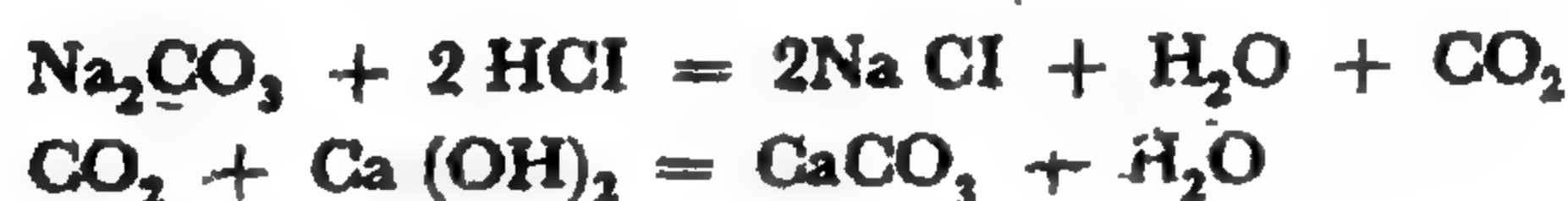
## مجموعة حمض الهيدروكلوريك المخفف الكربونات



تذوب كربونات الفلزات القلوية والأمونيوم في الماء بينما لا تذوب بقية الكربونات :

### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الملح الصلب ولاحظ حدوث فوران نتيجة لتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون . مرر هذا الغاز في ماء الجير ولاحظ حدوث تعكير بالمحلول نتيجة لتكوين كربونات الكالسيوم عديمة الذوبان في الماء :



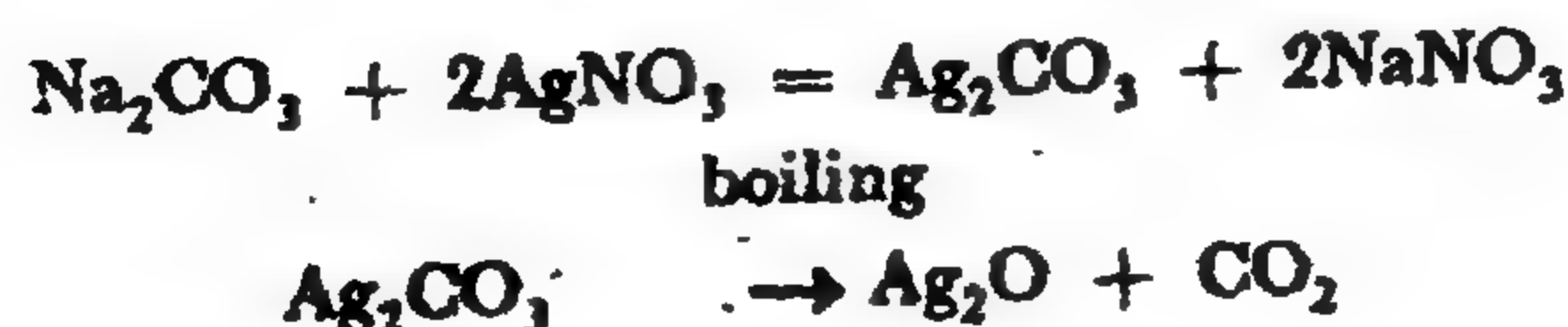
### ٢ - محلول كلوريد الباريوم :

أضف محلول كلوريد الباريوم إلى محلول الكربونات يتكون راسب أبيض من كربونات الباريوم عديمة الذوبان في الماء . لاحظ أن الراسب يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف :



### ٣ - محلول نترات الفضة :

أضف محلول نترات الفضة إلى محلول الكربونات ولاحظ تكون راسب أبيض من كربونات الفضة ، قسم الراسب إلى ثلاثة أقسام . أضف إلى القسم الأول حمض نيتريك مخفف ولاحظ أن الراسب يذوب . أضف إلى القسم الثاني محلول النشادر ولاحظ ذوبان الراسب . سخن القسم الثالث للترجئة الغليان ولاحظ تغير لون الراسب حتى يصير بني اللون نتيجة لتفكك كربونات الفضة إلى أكسيد الفضة وثاني أكسيد الكربون .



#### ٤ - محلول كبريتات المغنسيوم :

يعطى راسب أبيض على البارد من كربونات المغنسيوم .



#### ٥ - اختبار الفينولفثالين :

أضف قطرتين من الفينولفثالين إلى محلول الكربونات ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر دلالة على قلوية المحلول .

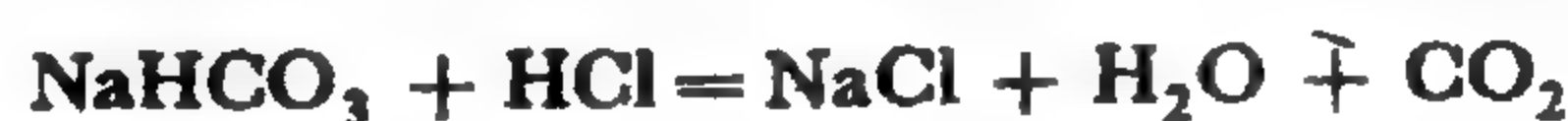
### البيكربونات

Bicarbonates  $[\text{HCO}_3^-]$

تذوب جميع البيكربونات في الماء :

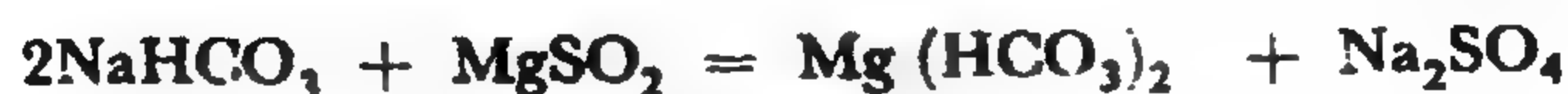
#### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يعطى مع البيكربونات الصلبة غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير .



#### ٢ - محلول كبريتات المغنسيوم :

لا يعطى راسباً مع محلول البيكربونات على البارد حيث إن بيكربونات المغنسيوم تذوب في الماء . سخن المحلول للدرجة الغليان ولاحظ تكون راسب أبيض نتيجة لتحلل بيكربونات المغنسيوم إلى كربونات المغنسيوم التي لا تذوب في الماء .



boiling



#### ٣ - محلول كلوريد الزئبقيك :

لا يعطى راسباً من محلول البيكربونات على البارد بينما يتكون راسب في الحال في حالة الكربونات ( يستخدم كل من اختبار ٢ ، ٣ في التفرقة بين الكربونات والبكربونات ) .

## الكبريتيتات

Sulphites  $[\text{SO}_3]^{2-}$

تذوب كبريتيتات الأمونيوم والفلزات القلوية في الماء :

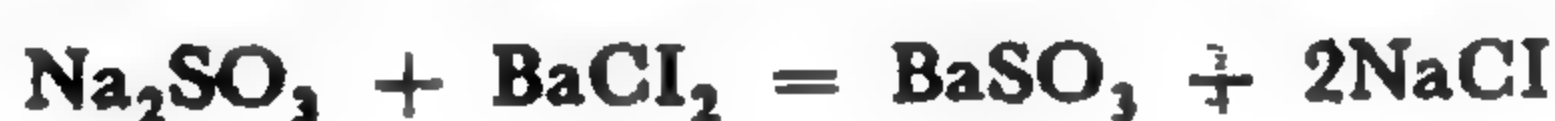
### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يعطى مع الملح الصلب غاز ثاني أكسيد الكبريت ( سخن تسخيناً هيناً إذا لزم الأمر )  
الذى يتميز برائحته الحارقة وبتحويل ورقة مبللة بثاني كرومات البوتاسيوم المحمضة من اللون الأصفر  
إلى الأخضر ( اختزال ) .



### ٢ - محلول كلوريد الباريوم :

عند إضافة هذا المحلول إلى محلول الكبريتيت يتكون راسب أبيض من كبريتيت الباريوم  
الذى يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف ( للتمييز بين الكبريتيت والكبريتات ) .



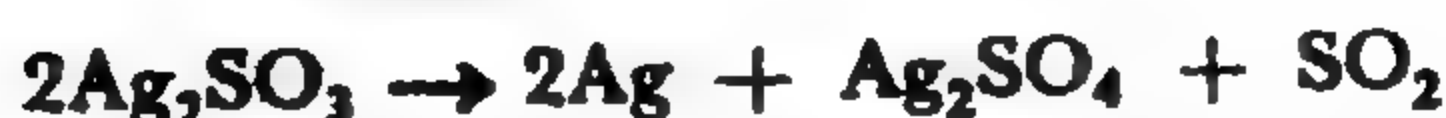
### ٢ - محلول نترات الفضة :

أضف بعض قطرات من محلول الكبريتيت إلى ١ سم<sup>٣</sup> من نترات الفضة ولاحظ تكون راسب  
أبيض من كبريتيت الفضة . أضف إلى جزء من الراسب زيادة من محلول الكبريتيت ولاحظ  
أن الراسب يذوب .



سخن الجزء الآخر من الراسب ولاحظ تكون راسب بني من معدن الفضة المجزأً تجزئاً  
دقيقاً .

heat



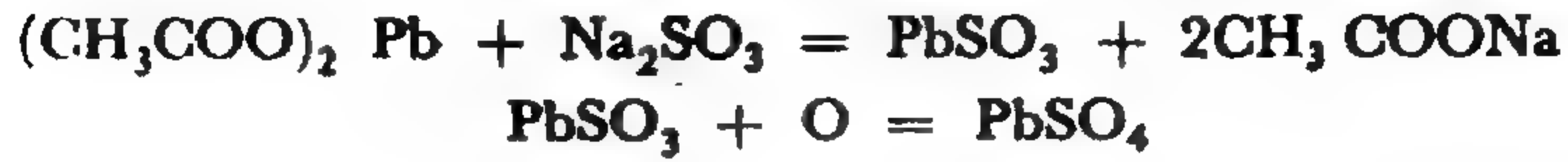
### ٣ - محلول برمنجنات البوتاسيوم :

أضف قطرتين من حمض الكبريتيك المخفف إلى محلول الكبريتيت ثم أضف قطرتين من محلول  
الكبريتيت ثم أضف قطرتين من محلول برمنجنات البوتاسيوم لاحظ اختفاء لون البرمنجنات نتيجة  
لاختزالها .



### ٥ - محلول خلاات الرصاص :

يتكون راسب أبيض من كبريتيت الرصاص يذوب في حمض النريك المخفف : سخن المحلول للدرجة الغليان ولاحظ أن الراسب الأبيض لا يذوب في هذه الحالة في حمض النريك المخفف نتيجة لتأكسد كبريتيت الرصاص إلى كبريتات الرصاص .



### ٦ - محلول اليود :

أضف قطرتين من محلول اليود إلى محلول الكبريتيت المحمض بقطرتين من حمض الكبريتيك المخفف ولاحظ اختفاء لون اليود نتيجة لاختزاله إلى يوديد الهيدروجين .



### ٧ - تجربة الاختزال :

أضف قطعة صغيرة من معدن الخارصين إلى خليط من ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الكبريتيت و ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المخفف ، سخن بلطف ولاحظ تصاعد غاز كبريتيت الهيدروجين (رائحة البيض الفاسد) التي يحول ورقة مبللة بخلات الرصاص إلى اللون الأسود :



### الثيوكبريتات



تذوب أغلب الثيوكبريتات في الماء :

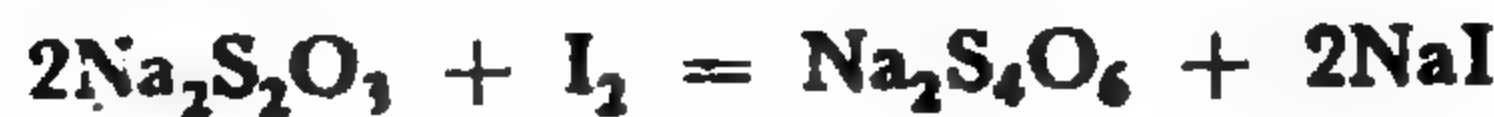
### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يعطى من المادة الصلبة راسب أبيض من الكبريت الغروي ( أبيض مصفر ) ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت بالتسخين الهين : ( أكشف عن هذا الغاز كما في حالة الكبريتيت ) .



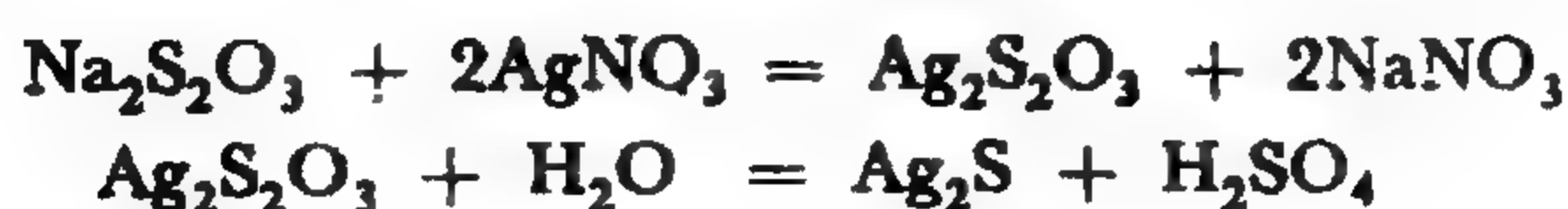
### ٢ - محلول اليود :

أجر الاختبار كما في حالة الكبريتيت ولاحظ اختفاء لون اليود نتيجة لتكون رابع ثيونات الصوديوم .



## ٣ - محلول نترات الفضة :

يعطى مع محلول الثيوكبريتات راسب أبيض من ثيوكبريتات الفضة الذى يتحول بسرعة إلى الأصفر ثم البنى فالأسود نتيجة لتكون كبريتيد الفضة .



## ٤ - محلول خلات الرصاص :

يعطى مع محلول الثيوكبريتات راسب أبيض من ثيوكبريتات الرصاص الذى يتحول إلى راسب أسود بالتسخين نتيجة لتكون كبريتيد الرصاص (للتمييز بين الكبريتيت والثيوكبريتات) :



## ٥ - محلول كلوريد الحديدك :

أضف قطرة واحدة إلى محلول الثيوكبريتات ولاحظ تلون المحلول باللون البنفسجى الداكن الذى يزول إذا ترك المحلول جانباً .

## الكبريتيدات

Sulphides  $[\text{S}]^{2-}$ 

كبريتيدات الأمونيوم والفلزات القلوية تذوب بسهولة فى الماء .

## ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يعطى مع المادة الصلبة فوران خفيف ويتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين (رائحة البيض الفاسد) والذى يحول ورقة مبللة بخلات الرصاص إلى اللون الأسود .



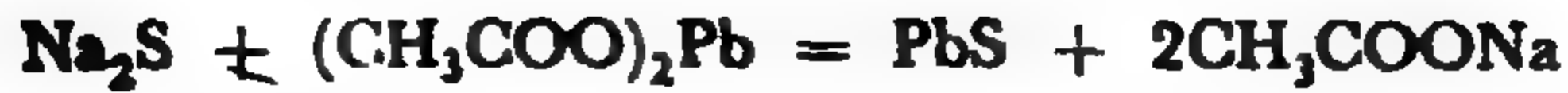
## ٢ - محلول نترات الفضة :

يعطى مع محلول الكبريتيد راسب أسود من كبريتيد الفضة يذوب فى حمض النريك المخفف .



## ٣ - محلول خلات الرصاص :

عند إضافة هذا المحلول إلى محلول الكبريتيد يتكون راسب أسود من كبريتيد الرصاص يذوب فى حمض النريك المخفف .



٤ - محلول كبريتات الكاديوم :

يعطى مع محلول الكبريتيد راسب أصفر من كبريتيد الكاديوم .



٥ - محلول نيتروبروسيد الصوديوم :

أضف قطرة واحدة أو قطرتين إلى محلول الكبريتيد ولاحظ تلون المحلول باللون الأرجواني .

## النترينات

Nitrites  $[\text{NO}_2]^-$

تذوب جميع النترينات في الماء فيما عدا نترت الفضة (شحيح الذوبان) :

١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يعطى مع المادة الصلبة غازات بنية اللون (أكاسيد النتروجين) ويتلون المحلول باللون الأزرق نتيجة لتكون حمض النتروز .

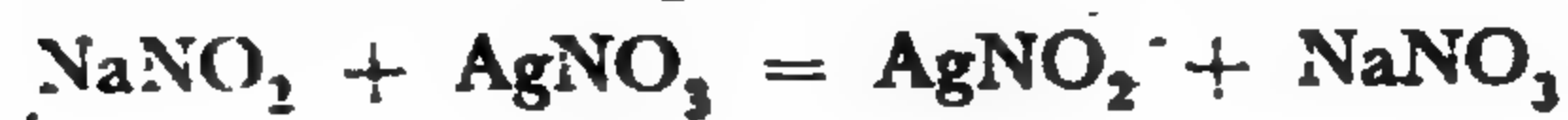


٢ - محلول كبريتات الحديدوز :

ضع ١ سم<sup>٣</sup> من محلول النترت في أنبوبة اختبار وأضف إليه ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كبريتات الحديدوز المخضرة حديثاً ثم أضف باحتراس قليلاً من حمض الكبريتيك المخفف على جدار الأنبوبة لاحظ تكون حلقة بنية أو لون بني :

٣ - محلول نترات الفضة :

يعطى راسب أبيض مصفر من نترت الفضة مع محلول النترت المركز :

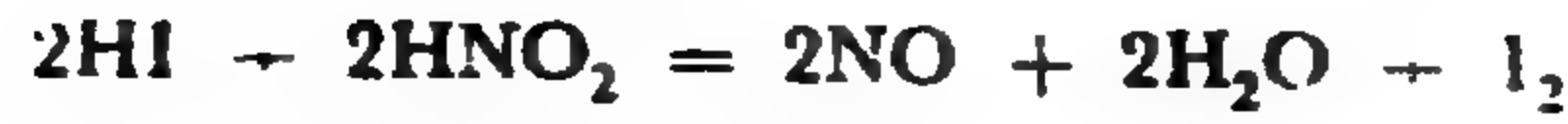


٤ - محلول يوديد البوتاسيوم :

أضف بضع قطرات من محلول يوديد البوتاسيوم إلى محلول النترت ثم أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المخفف . لاحظ تلون المحلول باللون البني نتيجة لانتقال اليود . أضف



قطرتين من محلول النشا ولاحظ تلون المحلول باللون الأزرق



٥ - محلول برمنجنات البوتاسيوم :

حمض محلول النترت بقطرتين من حمض الكبريتيك المخفف ثم أضف قطرتين من محلول البرمنجنات . لاحظ اختفاء لون البرمنجنات .

## السيانات

Cyanates [CNO]<sup>-</sup>

سيانات الفلزات والفلزات القلوية الأرضية كلها تذوب في الماء . أما سيانات الفضة والنحاس والرصاص فإنها لا تذوب في الماء .

١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الملح الصلب ولاحظ حدوث فوران شديد نتيجة لتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يمكن الكشف عنه بتعكيره لماء الجير . وعند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى الملح الصلب يتبع أولاً حمض السيانك الذي يتحول فوراً إلى ثاني أكسيد كربون ونشادر .



٢ - محلول نترات الفضة :

يعطى مع محلول السيانات راسب أبيض من سيانات الفضة يذوب في النشادر وفي حمض النترت المخفف .



٣ - محلول كلوريد الباريوم :

لا يعطى راسب مع محلول السيانات ( للتمييز الكربونات والسيانات ) .

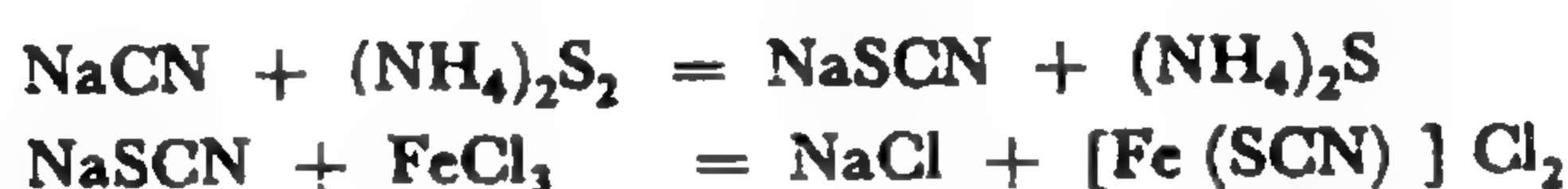
## السيانيدات Cyanides [CN]<sup>-</sup>

أملاح السيانيدات سامة جداً ومميتة ولذا يجب الحذر عند استعمالها .

جميع السيانيدات لا تذوب في الماء فيما عدا سيانيدات الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية وسيانيد الزئبق :

### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

عند تسخين السيانيد مع حمض الهيدروكلوريك المخفف يتصاعد غاز حمض الهيدروسيانك السام الذي يمكن الكشف عنه بإمراره في محلول كبريتيد الأونيوم الأصفر وبعد ذلك يحمض المحلول الناتج بـ حمض الهيدروكلوريك المخفف ثم يضاف إليه محلول كلوريد الحديدك . معطياً لوناً أحمر دمويّاً :



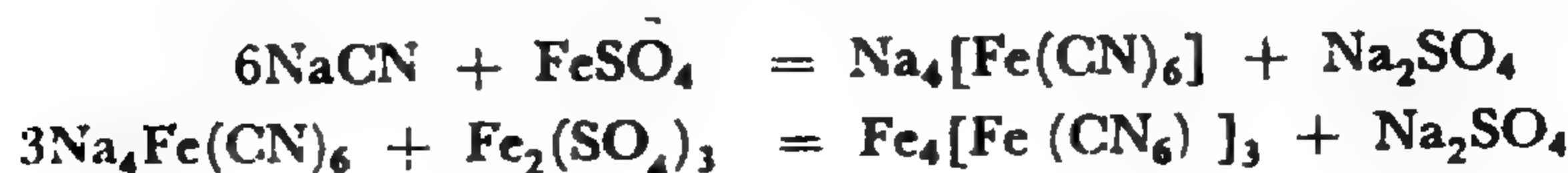
### ٢ - محلول نترات الفضة :

يعطى مع محلول السيانيد راسب أبيض من سيانيد الفضة لا يذوب في حمض النتريك المخفف ( للتمييز بين السيانات والسيانيد ) .



### ٣ - اختبار أزرق بروسيا :

أضف بعض بلورات من كبريتات الحديدوز إلى محلول السيانيد : سخن حتى الغليان ثم برد المحلول الناتج . أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المخفف لإذابة هيدروكسيد الحديد . لاحظ تكون راسب أزرق من حديد وسيانيد الحديدك ( أزرق بروسيا ) .



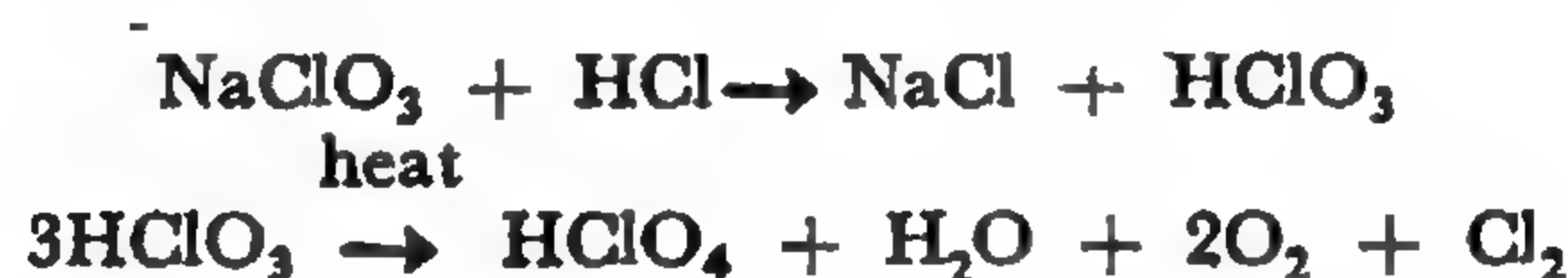
## الكلورات

Chlorates [ClO<sub>3</sub>]

جميع الكلورات تذوب في الماء .

### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الملح الصلب وسخن . لاحظ تصاعد غاز الكلور الخائق وتلون المحلول باللون الأصفر . ويمكن الكشف عن غاز الكلور بتعريض ورقة عباد الشمس للغاز المتصاعد : لاحظ اختفاء لون ورقة عباد الشمس (خاصية قصر الألوان) وعند تسخين الكلورات مع حمض الهيدروكلوريك ينفصل أولاً حمض الكلوريك الذي ما يلبث أن ينحل لعدم ثباته إلى حمض البيروكلوريك والكلور والأكسجين :



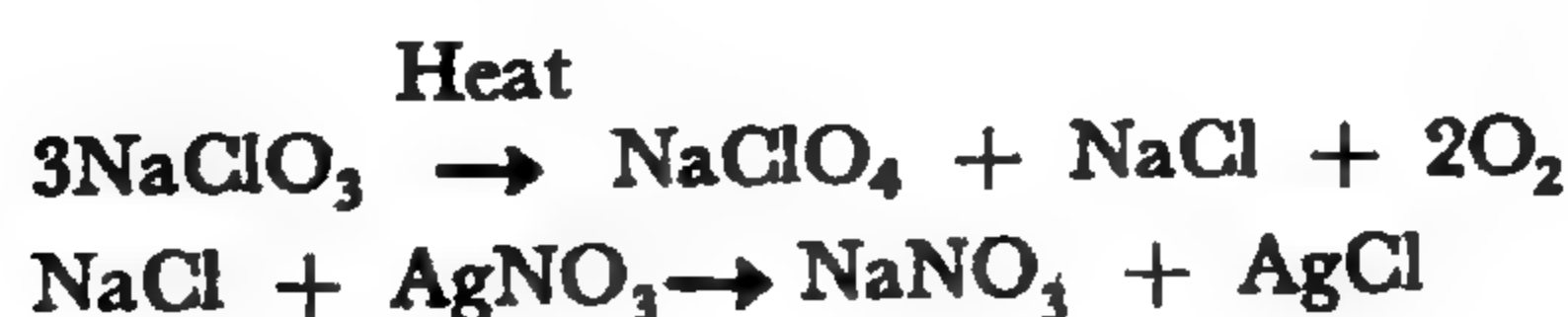
### ٢ - حمض الكبريتيك المركز :

يجب إجراء هذا الاختبار بحذر إذ أنه يؤدي إلى فرقة - سخن أبلورة صغيرة من الملح مع مقدار قليل من حمض الكبريتيك المركز ولاحظ تصاعد غاز ثاني أكسيد الكلور مصحوباً بفرقة :



### ٣ - تأثير الحرارة :

عند تسخين قليلاً من الكلورات في أنبوبة اختبار جافة يتكون الكلوريد ويتصاعد الأكسجين ويمكن الكشف عن الكلوريد المتكون بإذابة المادة الصلبة المتبقية في أنبوبة الاختبار في قليل من الماء ثم إضافة محلول نترات الفضة فيتكون راسب أبيض من كلوريد الفضة يتحول إلى اللون البنفسجي في ضوء الشمس .





## مجموعة حمض الكبريتيك المركز

### الكلوريدات

Chlorides  $\text{Cl}^-$

تذوب أغلب الكلوريدات في الماء ولا يذوب كل من كلوريد الفضة والزرنيخ في حين أن كلوريد الرصاص يذوب في الماء الساخن فقط :

#### ١ - حمض الكبريتيك المركز :

يعطى مع المادة الصلبة بالتسخين غاز كلوريد الهيدروجين الذي يذوب في الهواء ويعطى سحبا بيضاء مع النشادر كما أنه يحمر ورقة عباد الشمس الزرقاء :



#### ٢ - ثاني أكسيد المنجنيز :

اخلط قليلا من ثاني أكسيد المنجنيز مع الكلوريد الصلب ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز . سخن ثم لاحظ تصاعد غاز الكلور ( أصفر مخضر ) الذي يذيل لون عباد الشمس ويحول ورقة النشا ويوديد البوتاسيوم إلى اللون الأزرق .



#### ٣ - محلول نترات الفضة :

عند إضافة هذا المحلول إلى محلول الكلوريد يتكون راسب أبيض متجمع من كلوريد الفضة الذي يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم ولا يذوب في حمض النيتريك المخفف . لاحظ أن الراسب يتحول إلى اللون البنفسجي عند تعريضه للضوء .



#### ٤ - محلول خلات الرصاص :

يعطى راسب أبيض من كلوريد الرصاص مع محلول الكلوريد المركز البارد . لاحظ أن الراسب يذوب في الماء الساخن ويرسب بالتبريد :



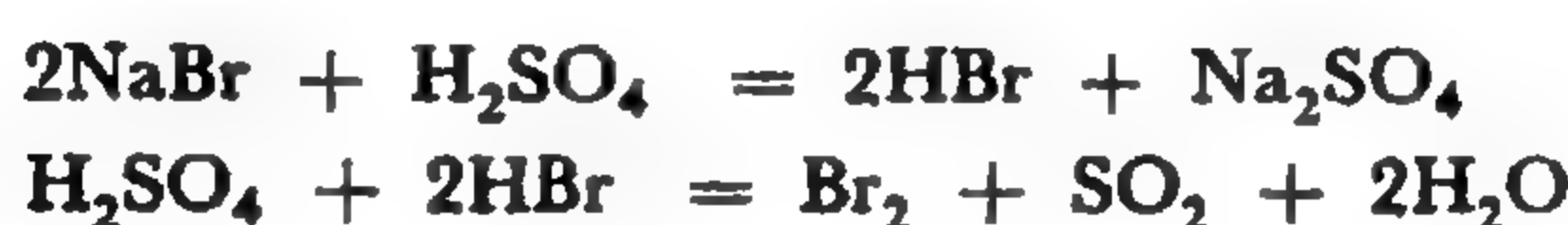
## البروميدات

Bromides  $\text{Br}^-$

تشبه الكلوريدات في ذوبانها وفي معظم تفاعلاتها .

### ١ - حمض الكبريتيك المركز :

يتفاعل مع المادة الصلبة معطياً خليطاً من بروميد الهيدروجين والبروم - لاحظ أن المحلول يتلون باللون الأحمر البني - يتكون البروم نتيجة لتأكسد بروميد الهيدروجين بواسطة حمض الكبريتيك :



### ٢ - ثاني أكسيد المنجنيز :

أجر التجربة كما في حالة الكلوريدات ولاحظ تصاعد أبخرة بنية من غاز البروم الذي يقصر لون ورقة عباد الشمس ويحون ورقة مبللة بمحلول النشا إلى اللون البرتقالي :



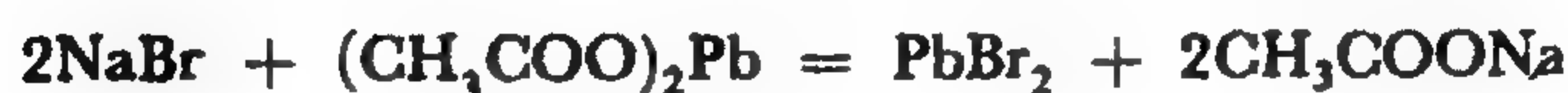
### ٣ - محلول نترات الفضة :

مع محلول البروميد يتكون راسب أبيض مصفر من بروميد الفضة الذي يذوب بقلّة في النشادر ولا يذوب في حمض النتريك :



### ٤ - محلول خلات الرصاص :

عند إضافة هذا المحلول إلى محلول البروميد يتكون راسب أبيض متبلر من بروميد الرصاص الذي يذوب في الماء الساخن ويرسب بالتبريد :



### ٥ - ماء الكلور :

أضف بضع قطرات من ماء الكلور إلى محلول البروميد ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر البرتقالي لانفصال البروم . أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من الكلوروفوم أو من رابع كلوريد الكربون ورج المزيج . لاحظ تلون الطبقة السفلى باللون الأحمر في حين يبقى السائل المائي العلوي عديم اللون :



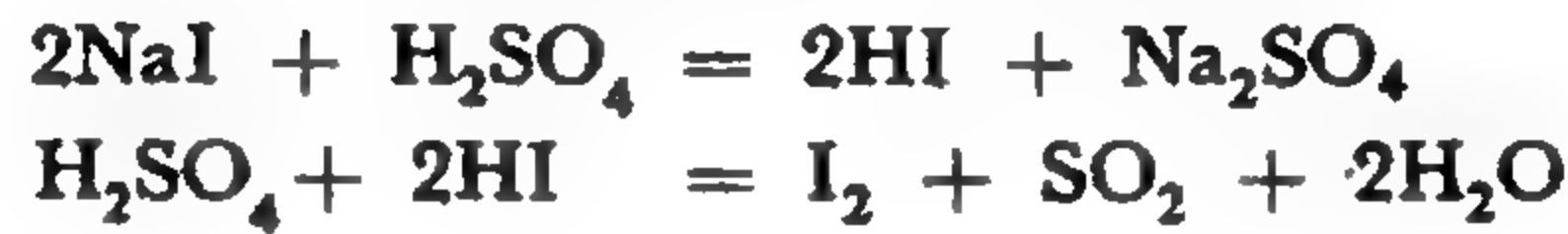
## اليوديدات

Iodides I<sup>-</sup>

تشبه كل من الكلوريدات والبروميدات في قابليتها للذوبان وفي الخواص الكيميائية :

### ١ - حمض الكبريتيك المركز :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الحمض إلى المادة الصلبة وسخن بلطف ولاحظ تصاعد أبخرة اليود البنفسجية التي تحول ورقة مبللة بمحلول النشا إلى اللون الأزرق .



### ٢ - ثاني أكسيد المنجنيز :

أجر الاختبار كما في حالة الكلوريدات ولاحظ تصاعد أبخرة اليود البنفسجية .

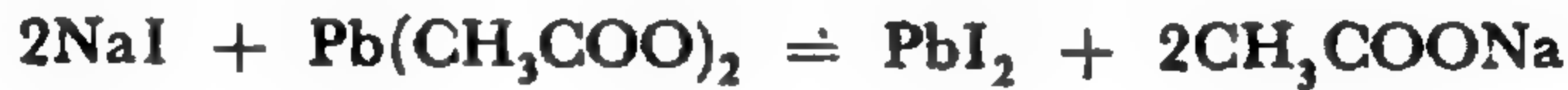
### ٣ - محلول نترات الفضة :

يعطى راسب أصفر من يوديد الفضة لا يذوب في كل من النشادر أو حمض النتريك .



### ٤ - محلول خلاص الرصاص :

يتكون راسب أصفر من يوديد الرصاص الذي يذوب في الماء الساخن ويرسب بالتبريد :



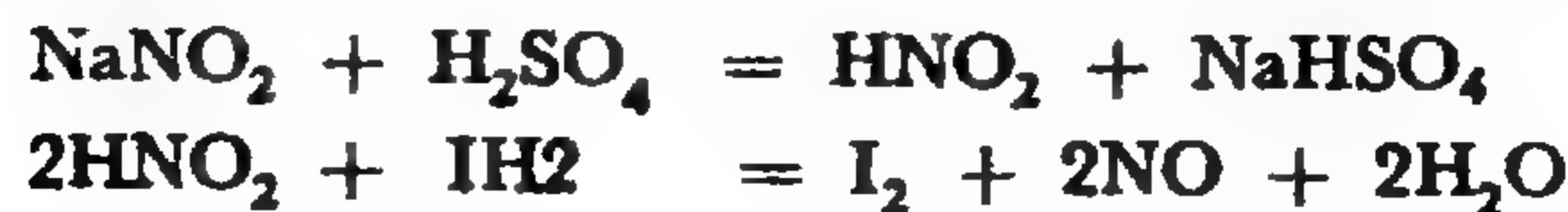
### ٥ - ماء الكلور :

أجر الاختبار كما في حالة البروميدات ولاحظ ظهور لون بنفسجي نتيجة لانفصال اليود :



### ٦ - محلول نترات الصوديوم :

أضف محلول النتريت إلى محلول اليود ثم أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المخفف (أو حمض الخليك) ولاحظ تلون المحلول باللون البني البنفسجي لانفصال اليود (يستخدم هذا الاختبار في التفرقة بين الكلوريدات والبروميدات - واليوديدات) .





## ٧ - محلول كبريتات النحاس :

يتكون راسب بني من يوديد النحاسوز واليود .



## ٨ - محلول كلوريد الزئبقيك :

يتكون راسب أحمر من يوديد الزئبقيك الذي يذوب في الزيادة من محلول اليوديد .



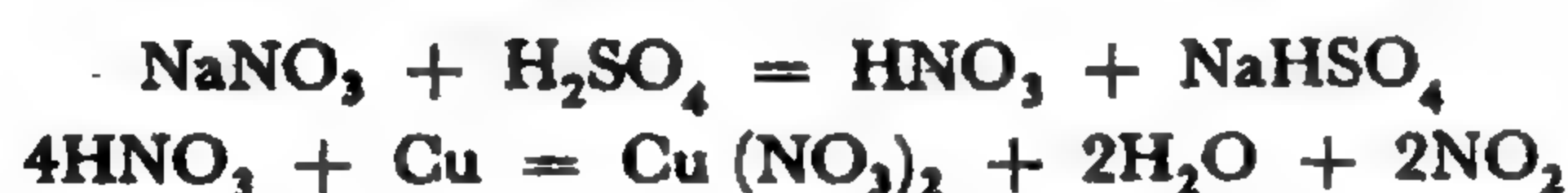
## النترات

Nitrates  $[\text{NO}]^-$

تذوب جميع النترات في الماء فيما عدا نترات الزئبقوز فهي شحيحة الذوبان .

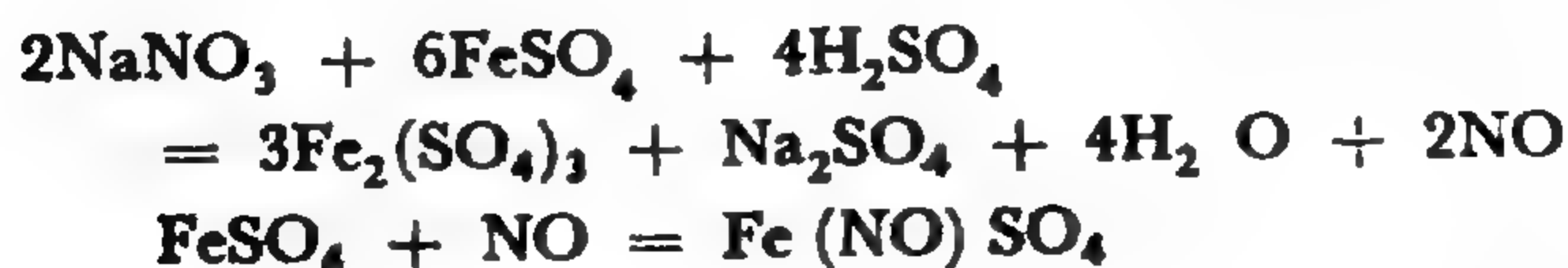
## ١ - حمض الكبريتيك المركز :

عند تسخين الملح الصلب مع حمض الكبريتيك المركز في أنبوبة اختبار تتصاعد أبخرة حمض النتريك وغازات بنية قاتمة . وتظهر هذه الغازات البنية بوضوح عند إضافة قطعة صغيرة من خراطة النحاس إلى الأنبوبة . وفي هذه الحالة يتفاعل حمض النتريك الناتج مع النحاسيك معطياً نترات النحاس ويتصاعد غاز أكسيد النتروجين ( بني اللون ) .



## ٢ - تجربة الحلقة السمراء :

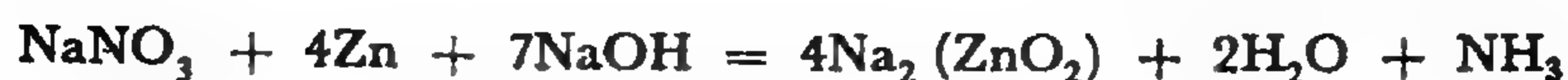
ضع ١ سم<sup>٣</sup> من محلول النترات في أنبوبة اختبار ثم أضف إليه ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول مركز من كبريتات الحديدوز المحضرة حديثاً . أضف إلى هذا المخلوط باحتراس وعلى جدار الأنبوبة حوالي ٢ - ٣ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز بحيث يكون طبقة تحت سطح المخلوط . لاحظ ظهور حلقة بنية عند سطح الانفصال :



## ٣ - اختزال النترات :

أضف قليلاً من برادة الخارصين ومحلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول النترات ثم سخن

المخلوط حتى الغليان . لاحظ تصاعد غاز النشادر ذات الرائحة المميزة . ( يكون سحب بيضاء مع كلوريد الهيدروجين ) .



## للتبوسيانات

Thiocyanates  $[\text{SCN}]^-$

تذوب تبوسيانات الفلزات في الماء فيما عدا تبوسيانات الفضة والنحاس والزئبق والرصاص :

### ١ - حمض الكبريتيك المركز :

عند إضافة حمض الكبريتيك المركز إلى الملح الصلب يحدث تفاعل شديد مع تصاعد غازات أهمها ثاني أكسيد الكبريت كما في حالة الكبريتيت •

### ٣ - محلول كلوريد الحديدك :

يعطى مع محلول التبوسيانات لون أحمر دموي •



هذا اللون الأحمر الدموي يرجع لوجود أيون تبوسيانات الحديدك .

### ٢ - محلول نترات الفضة :

يعطى مع محلول التبوسيانات راسب أبيض متجمع من تبوسيانات الفضة الذي يذوب في النشادر ولا يذوب في حمض النتريك المخفف •



### ٣ - محلول نترات الكوبلت :

عند إضافة محلول مركز أو بعض بلورات من التبوسيانات إلى محلول نترات الكوبلت يظهر لون أزرق نتيجة لتكوين أيون كوبلتي تبوسيانات  $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$

## المجموعة العامة

لا يوجد لأفراد هذه المجموعة كاشف مشترك . فأملاح هذه المجموعة لا تتأثر بـ حمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك المركز ولذا يجب الكشف عنها في المحاليل .

## الكبريتات

Sulphates  $[\text{SO}_4]^{2-}$

تذوب معظم الكبريتات في الماء فيما عدا كبريتات الرصاص والباريوم والإسترانسيوم والكالسيوم والزنكوز :

### ١ - محلول كلوريد الباريوم :

يعطى مع محلول الكبريتات راسب أبيض من كبريتات الباريوم لا يذوب في الأحماض المعدنية :



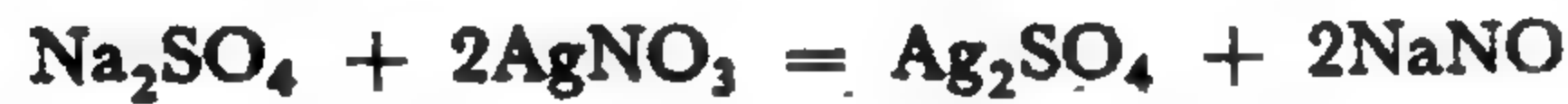
### ٢ - محلول خلات الرصاص :

يعطى مع محلول الكبريتات راسب أبيض من كبريتات الرصاص يذوب في كل من خلات الأمونيوم وهيدروكسيد الصوديوم



### ٣ - محلول نترات الفضة :

عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محلول الكبريتات المرتر يتكون راسب أبيض من كبريتات الفضة :



## الفوسفات

Phosphates  $[\text{PO}_4]^{3-}$

أغلب الفوسفات شحيحة الذوبان في الماء فيما عدا فوسفات الأمونيوم والفلزات القلوية فهي تذوب في الماء .

### ١ - محلول نترات الفضة :

يعطى مع محلول الفوسفات راسب أصفر من فوسفات الفضة يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم وفي حمض النريك المخفف .





## ٢ - محلول كلوريد الباريوم :

راسب أبيض من فوسفات الباريوم (من المحاليل المتعادلة) يذوب في الأحماض المعدنية وفي حمض الخليك .



## مخلوط المغنيسيا :

وهو عبارة عن خليط من كلوريد المغنسيوم وكلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم . عند إضافة مخلوط المغنيسيا إلى محلول الفوسفات يتكون راسب أبيض من فوسفات المغنسيوم والأمونيوم يذوب في الأحماض المعدنية وفي حمض الخليك .



## ٤ - محلول موليبدات الأمونيوم :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض النريك المركز إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الفوسفات ثم أضف حوالي ٤ سم<sup>٣</sup> من محلول موليبدات الأمونيوم . لاحظ تكون راسب أصفر متبلر من فوسفوموليبدات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_3[\text{PO}_4\text{Mo}_{12}\text{O}_{36}]$  يذوب في كل من هيدروكسيد الأمونيوم وهيدروكسيد الصوديوم .

## ٥ - محلول كلوريد الحديدك :

يعطى راسب أصفر باهت من فوسفات الحديدك يذوب في الأحماض المعدنية ولكنه لا يذوب في حمض الخليك .



وكثيراً ما يلزم إضافة محلول مشبع من خلاص الصوديوم للتخلص من حمض الهيدروكلوريك الناتج الذي قد يتسبب في إذابة فوسفات الحديدك .

## البورات



هناك ثلاثة أنواع من أحماض البوريك وهي :

حمض ميتابوريك  $\text{HBO}_2$

حمض أورثوبوريك  $\text{H}_3\text{BO}_3$

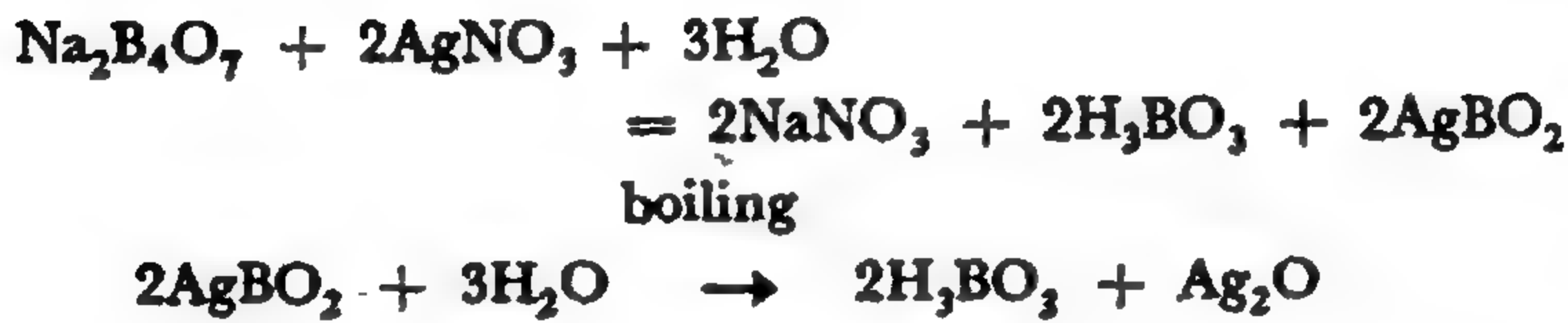
حمض بيروبوريك  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$

ومعظم أملاح البورات مشتقة من حمض ميتا ، وييرو - بوريك : لا تذوب البورات في الماء ما عدا بورات الفلزات القلوية :

### ١ - محلول نترات الفضة :

يعطى راسب أبيض من بورات الفضة (مع المحاليل المركزة) يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم وفي حمض الخليك ويتحول الراسب إلى اللون البني بالغليان نتيجة لتكوين أكسيد الفضة .

لاحظ أنه عند استخدام محلول مخفف يتكون هذا الراسب البني بعد إضافة محلول نترات الفضة مباشرة :



### ٢ - محلول كلوريد الباريوم :

عند إضافة محلول كلوريد الباريوم إلى محلول مركز من البورات يتكون راسب أبيض من بورات الباريوم يذوب في الزيادة من كلوريد الباريوم وفي الأحماض المعدنية .

### ٣ - اختبار اللهب ذو الحافة الخضراء :

ضع قليلا من البورات في أنبوبة اختبار. أضف إليها ١ سم<sup>٢</sup> من حمض الكبريتيك المركز ثم أضف بعد ذلك حوالي ٥ سم<sup>٢</sup> من الكحول الأيثيل باحتراس . قلب المخلوط جيدا بساق زجاجية عرض الساق الزجاجية بعد غمسها في المخلوط إلى اللهب ولاحظ ظهور لهب ذو حافة خضراء وذلك لتكوين أبخرة بورات الأثيل  $\text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$  .

### الزرنبيخات<sup>(١)</sup>



جميع الزرنبيخات شحيحة الذوبان في الماء فيما عدا زرنبيخات الفلزات القلوية .

### ١ - محلول كلوريد الباريوم :

يعطى مع المحاليل المركزة راسب أبيض من زرنبيخات الباريوم .



(١) مركبات الزرنيخ سامة ولذا يجب استعمالها بحذر .

## ٢ - محلول نترات الفضة :

يعطى راسب بني ( كالثيكولاتة ) مع المحاليل المتعادلة ، يذوب في الأحماض المعدنية وفي هيدروكسيد الأمونيوم :



## ٣ - مخلوط المغنيسيا :

راسب أبيض من زرنيخات المغنسيوم والأمونيوم



## ٤ - محلول يوديد البوتاسيوم :

أضف محلول يوديد البوتاسيوم إلى محلول الزرنيخات ثم أضف  $\frac{1}{2}$  سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المركز . لاحظ تلون المحلول باللون البني البنفسجي لانفصال اليود الذي يحول ورقة مبللة بمحلول النشا إلى اللون الأزرق .



## ٥ - غاز كبريتيد الهيدروجين :

بمجرد إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في محلول الزرنيخات المحمض بحمض الهيدروكلوريك يتكون راسب أصفر من كبريتيد الزرنيخ مختلطاً بالكبريت الغروي :

## ٦ - محلول موليبدات الأمونيوم :

أجر الاختبار كما في حالة الفوسفات لاحظ ظهور راسب أصفر بعد الغليان ( للتمييز بين الفوسفات والزرنيخات ) .

## ٧ - محلول كبريتات النحاس :

أضف محلول كبريتات النحاس إلى محلول الزرنيخات لا يحدث تغير واضح . أضف قليلاً من محلول هيدروكسيد الصوديوم ولاحظ تكون راسب بني ضارب للخضرة من زرنيخات النحاس وبإضافة زيادة من محلول هيدروكسيد الصوديوم يتحول لون الراسب إلى اللون الأزرق الفاتح ( يستخدم هذا الاختبار للتمييز بين الزرنيخات والزرنيخيت ) وهذا الراسب يذوب في الأحماض المعدنية وفي هيدروكسيد الأمونيوم .

## الزرنخييت

Arsenite  $[\text{AsO}_3]^{-3}$

تشبه الزرنخات في قابليتها للذوبان :

### ١ - محلول كلوريد الباريوم :

راسب أبيض من زرنخييت الباريوم من المحاليل المركزة .



### ٢ - محلول نترات الفضة :

راسب أصفر من زرنخييت الفضة ( من المحاليل المتعادلة ) يذوب في حمض النتريك وفي هيدروكسيد الأمونيوم .



### ٣ - مخلوط المغنيسيا :

لا يتكون راسب ( للتمييز بين الزرنخات والزرنخييت ) .

### ٤ - محلول موليبدات الأمونيوم :

لا يتكون راسب ( للتمييز بين الزرنخات والزرنخييت ) .

### ٥ - غاز كبريتيد الهيدروجين :

كما في حالة الزرنخات يتكون راسب أصفر من المحلول المحمض :

### ٦ - محلول اليود :

أضف بضع قطرات من محلول اليود إلى محلول محمض من الزرنخييت . لاحظ اختفاء لون اليود لاختراله إلى يوديد الهيدروجين .



### ٧ - محلول كبريتات النحاس :

راسب أصفر مخضر من زرنخييت النحاس ( من المحاليل المتعادلة ) يذوب في الأحماض المعدنية وفي هيدروكسيد الأمونيوم ويعطى مع الأخيرة محلولاً أزرق :



## الحدول العام لاكشف عن الشق الحمضى فى الأملاح البسيطة

### تحضير محلول الملح المراد الكشف عنه :

يجب أن يحاول الطالب إذابة الملح المجهول فى الماء البارد ثم الساخن ، وفى حالة ما إذا كانت المادة المجهولة عديمة الذوبان فى الماء فإنها تغلى مع محلول مركز من كربونات الصوديوم حيث يتم التبادل المزدوج بين الملحين وبذلك نحصل على محلول يحتوى على الشق الحمضى المجهول .  
مثال ذلك :



ضع حوالى واحد جرام من مسحوق الملح المجهول فى كأس زجاجى وأضف إليه حوالى ٣ جرام من كربونات الصوديوم . غطى المخلوط بقليل من الماء ثم قلبه جيداً . سخن حتى درجة الغليان لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة مع ملاحظة تغطية الكأس بزجاجة ساعة للحد من تسرب بخار الماء . برد المخلوط بعد انتهاء مدة التسخين ثم رشح - الراشح يحتوى على الشق الحمضى متحداً بالصوديوم بالإضافة إلى ما تبقى من كربونات الصوديوم قسم الراشح إلى قسمين غير متساويين . أضف حمض النريك المخفف إلى الجزء الأكبر من الراشح حتى يصبح المحلول حمضياً ضعيفاً بالنسبة لعباد الشمس وذلك للتخلص من الكربونات المتبقية ثم أغلى المحلول لمدة دقيقتين للتأكد من طرد ثانى أكسيد الكربون . أضف هيدروكسيد الأمونيوم قطرة قطرة إلى المحلول الحمضى حتى يصبح قلويّاً بالنسبة لعباد الشمس . أغلى المحلول حتى يتوقف تصاعد غاز النشادر ثم برد . وبذلك يمكن الحصول على محلول متعادل يحتوى الشق الحمضى المطلوب بالإضافة إلى شق النترات . ولهذا يجب الكشف عن النترات فى المحلول الناتج قبل إضافة حمض النريك ( الجزء الأصفر من الراشح ) . وللتخلص من الكربونات فى هذه الحالة يضاف حمض الهيدروكلوريك المخفف .

### ملاحظات :

- ١ - هذه الطريقة غير مجدية مع أملاح الكربونات التى لا تذوب فى الماء . ( تجرى التجارب التأكيديّة على محلول ثانى أكسيد الكربون فى الماء ) .
- ٢ - يمكن الكشف عن الكبريتات والفوسفات والبورات فى الوسط الحمضى حيث أن هذه الشقوق لا تتأثر بالأحماض :

٣- يمكن الحصول "على" محلول مائي من الكبريتيدات والكبريتينات والسيانيدات التي لا تذوب في الماء وذلك بإضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الملح الصلب وإمرار الغاز المتصاعد في الماء في محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم :

### طريقة الكشف عن الشق الحمضي :

يجب أن يتبع الطالب الخطوات التالية عند الكشف عن الشق الحمضي حسب ترتيبها وأن يدون ملاحظاته واستنتاجاته أولاً بأول . وأن يدعم الاستنتاجات بالتجارب التأكيدية اللازمة :

### ١- تسجيل الخواص الطبيعية :

كاللون والشكل البلوري والذوبان في الماء وتأثير المحلول المائي على عباد الشمس وما إلى ذلك :

### ٢- حمض الهيدروكلوريك المخفف :

أضف إلى كمية صغيرة من المادة الصلبة المراد اختبارها قليلاً من حمض الهيدروكلوريك المخفف على البارد ثم بالتسخين الهين ولاحظ التأثيرات المختلفة التي يمكن أن يستدل منها على الشق الحمضي كما يلي :

المشاهدة	الاستنتاج (١)
١- حدوث فوران على البارد وتصاعد غاز عديم اللون يعكر ماء الجير	غاز ثاني أكسيد الكربون من الكربونات أو البيكربونات (٢)
٢- تصاعد غاز النشادر عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم إلى المتخلف في أنبوبة الاختبار (١) والغليان .	ص ٢٦ أو السيانات سيانات ص ٣٢
٣- تصاعد غاز عديم اللون ذو رائحة نفاذة خانقة يخضر ورقة مبللة بمحلول بيكرومات البوتاسيوم الحمضة .	غاز ثاني أكسيد الكبريت من الكبريتينات ص ٢٨
٤- تصاعد غاز عديم اللون ذو رائحة نفاذة خانقة يخضر ورقة مبللة بمحلول بيكرومات البوتاسيوم الحمضة ويتسبب الكبريت خصوصاً بعد التسخين .	غاز ثاني أكسيد الكبريت من الثيوكبريتات ص ٢٩

(١) يجب تدعيم هذا الاستنتاج بالتجارب التأكيدية كلما أمكن ذلك .

(٢) يجب ملاحظة أن جمع البيكربونات تنوب في الماء .

المشاهدة	الاستنتاج
٥ - تصاعد غاز عديم اللون ذو رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد ويسود ورقة مبللة بمحلول خلاص الرصاص <sup>(١)</sup>	غاز كبريتيد الهيدروجين من الكبريتيدات ص ٣٠
٦ - تصاعد أبخرة بنية قرب فوهة الأنبوبة (ويصبح المحلول لونه أزرق باهت) تحول ورقة مبللة بمحلول يوديد البوتاسيوم والنشا إلى اللون الأزرق .	ثاني أكسيد النروجين من النترينات ص ٣١
٧ - تصاعد غاز عديم اللون له رائحة تشبه رائحة اللوز المر . يجب أن يشم بمنتهى الحذر حيث أنه سام جداً ، يمكن الكشف عنه كما هو موضح في صفحة ( ٢٣ ) .	غاز سيانيد الهيدروجين من السيانيدات ص ٣٣
٨ - تصاعد غاز أخضر مصفر ذو رائحة خائقة يزيل لون ورقة عباد الشمس كما أنه يحول ورقة مبللة بمحلول يوديد البوتاسيوم والنشا إلى اللون الأزرق	غاز الكلور من الكلورات ص ٣٤

### ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

إذا لم تتفاعل المادة الصلبة مع حمض الهيدروكلوريك المخفف ، أضيف إلى قليل من المادة الصلبة حوالي ٣ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ثم سخن تسخيناً هيناً ولاحظ ما يحدث .

( ١ ) بعض الكبريتيدات لا تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المخفف لهذا يجب في حالة إنشك في وجود كبريتيد ، تسخين الملح الجاف مع الهيدروكلوريك المركز .

الاستنتاج	المشاهدة	
كلوريد الهيدروجين من الكلوريدات ص ٣٥	١ - تصاعد غاز عديم اللون يتلخّن في الهواء وله رائحة نقاذة كما أنه يكون سحب بيضاء عند تعرضه لساق مبللة بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم .	
بروميد الهيدروجين والبروم من البروميدات ص ٣٦	٢ - تصاعد غازات لها رائحة نقاذة ولون أحمر وتلخّن في الهواء وبإضافة ثاني أكسيد المنجنيز يزداد تصاعد الأبخرة الحمراء التي تحول ورقة مبللة بمحلول النشا إلى اللون البرتقالي .	
اليود من اليوديدات ص ٣٧	٣ - تصاعد أبخرة بنفسجية تحول ورقة مبللة بمحلول النشا إلى اللون الأزرق .	
أبخرة حمض النريك وثاني أكسيد النروجين من النترات ص ٣٨	٤ - تصاعد غازات حمضية ذات رائحة نقاذة بنية اللون وتزداد عند إضافة قطعة صغيرة من خراطة النحاس .	
غاز ثاني أكسيد الكبريت من الثيوسيانات ص ٣٩	٥ - تصاعد غاز عديم اللون ذو رائحة نقاذة وانفصال راسب أصفر من الكبريت . والغاز يخضر ورقة مبللة بمحلول بيكرومات البوتاسيوم المحمضة .	

#### ٤ - المجموعة الخامسة :

إذا لم تتفاعل المادة مع حمض الهيدروكلوريك المخفف أو حمض الكبريتيك المركز فينتظر أن يكون الشق الحمضي إما كبريتات - فوسفات - بورات - زرنيخات - أو زرنيخيت؛ وفي هذه الحالة يحضر محلول من المادة في الماء ثم يكشف عنها كما هو موضح بالجدول التالي :



الزئبقيت	الزئبقات	البورات	الفسفات	الكبريت	التجربة	
راسب أبيض من الحايل المركزة	راسب أبيض من الحايل المركزة	راسب أبيض من الحايل المركزة يذوب في الزيادة من الكاشف وفي الإحماض	راسب أبيض من الحايل المتعادلة يذوب في حمض انخليك وفي الأحماض المعدنية	راسب أبيض لا يذوب في حمض الميدروكلوريك أو حمض النريك	محلول الملح + محلول كلوريد الباريوم	١ -
	راسب أصفر كثاف، مع الفلان		راسب أصفر كثاف مع التلونة		محلول الملح الحمض بحمض النريك المركز + محلول موليبدات الأمونيوم	٢ -
راسب أصفر يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم وحمض النريك	راسب بني يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم وفي الأحماض المعدنية	راسب أبيض من المحلول المركزي يتحول بالتسخين إلى اللون البني	راسب أصفر يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم وفي حمض النريك الخفيف	راسب أبيض من المحلول المركز	محلول الملح المتعادل + محلول نترات الفضة	٣ -
	يتفصل اليود من الحايل الحمضة بحمض الميدروكلوريك				محلول الملح + محلول يوريد البوتاسيوم	٤ -

## الباب الثالث

### الكشف عن الشق القاعدى فى الأملاح البسيطة

الكشف عن الشق القاعدى أكثر تعقيداً من الكشف عن الشق الحمضى وذلك لترايد عدد الشقوق القاعدية وللتداخل فيما بينها . علاوة عن إمكان وجود الشق الواحد فى صورة متعددة كحالات الأكسدة المختلفة وكالأيونات المترابطة .

غير أن طرق الكشف عن الشق القاعدى أكثر دورية من طرق الكشف عن الشق الحمضى . هذا بالإضافة إلى أن التجارب التأكيديّة فى حالة الشق القاعدى محدّدة وهادقة .

تقسم الفلزات فى التحليل الكيفى إلى ست مجموعات ، ويعتمد هذا التقسيم على اختلاف ذوبان أملاح هذه الفلزات فى الماء فمثلاً لا تذوب كلوريدات المجموعة الأولى فى الماء ولذلك يسهل ترسيبها وفصلها عن المجموعات الأخرى على هيئة كلوريدات . وكذلك ترسب المجموعة الثانية على هيئة كبريتيدات فى الوسط الحمضى وهكذا .

وسوف نتناول الأسس النظرية للكشف عن الشقوق القاعدية وفصلها فى الباب الخامس :  
ويسمى المحاول أو المحاليل التى تستعمل فى ترسيب أية مجموعة باسم كاشف المجموعة :  
والجدول التالى يوضح فلزات كل مجموعة والكاشف المميز لكل منها .

#### تحضير محلول الملح :

حاول إذابة قليل من مسحوق الملح فى كمية مناسبة من المذيبات التالية فى أنبوبة اختبار حسب الترتيب الآتى :

- ١ - الماء البارد ثم الساخن .
- ٢ - حمض الهيدروكلوريك المخفف البارد ثم الساخن .
- ٣ - حمض الهيدروكلوريك المركز البارد ثم الساخن .
- ٤ - حمض النيتريك المخفف البارد ثم الساخن .
- ٥ - حمض النيتريك المركز البارد ثم الساخن .
- ٦ - الماء الملكى ويحضر بخلط ثلاثة حجوم من حمض الهيدروكلوريك المركز وحجم واحد من حمض النيتريك المركز .

المجموعة	الفئات	كاشف المجموعة	الراسب
الأولى	فضة - رصاص - زئبقوز	حمض الهيدروريك الخفيف	كلوريدات
الثانية ٢	زئبقيك - نحاس - بزموت - كاديوم - (رصاص) زئبج - أليوم - قصدير :	حمض الهيدروكلوريك وكبريتيد الهيدروجين	كبريتيدات
الثالثة	ألومنيوم - كروم - حديد	هيدروكسيد الألومنيوم في وجود كاوييد	هيدروكسيدات
الرابعة	خارصين - منجنيز - كوبلت - نيكل .	كبريتيد الهيدروجين في وجود الهيدرونيوم وكاوييد الألومنيوم	كبريتيدات
الخامسة	كاليوم - استراتشيوم - باريوم	كربونات أمونيوم في وجود هيدروكسيد الألومنيوم وكاوييد الألومنيوم	كربونات
السادسة	مغنسيوم - صوديوم - بوتاسيوم	لا يوجد	

٧- فإذا فشلت المحاولات السابقة في الحصول على محلول رائق شفاف يسخن الملح مع خمسة أضعافه بالوزن من كربونات الصوديوم في وجود قليل من الماء لمدة عشر دقائق . ثم يعالج بعد تبريده بالماء المغلي ويرشح . يذاب الراسب وهو عبارة عن كربونات الفلز في حمض النريك المخفف ويستخدم المحلول الناتج للكشف عن الشق القاعدي . أما الراشح فيمكن استخدامه للكشف عن الشق الحمضي :

### ملاحظات :

- ١- في حالة إذابة الملح في حمض الهيدروكلوريك المركز يجب التخفيف بالماء قبل إضافة كاشف المجموعة .
- ٢- في حالة إذابة الملح في حمض النريك أو الماء الملكي يجب تبخير المحلول فوق حمام مائي ثم يضاف حمض الهيدروكلوريك المركز ويبخّر مرة ثانية حتى يصير الحجم صغيراً وبعد ذلك يخفف المحلول الباقي بالماء

## المجموعة الأولى

### الفضة - الرصاص - الزئبقوز

تحتوي هذه المجموعة على الكاتيونات التي تعطي كلوريدات لا تذوب في الأحماض المخففة وهي كلوريد الفضة ، وكلوريد الرصاص ، وكلوريد الزئبقوز وفيها يلي بعض خواص العناصر والتفاعلات الهامة لأيوناتها .

### الفضة

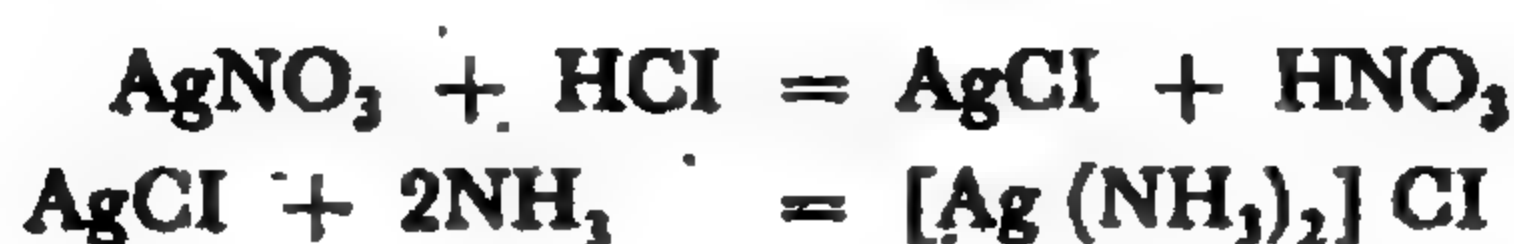
Silver Ag

الفضة المعدنية لونها أبيض لامع إلا أنها تلبودا كنة أحياناً نظراً لتغطيتها بطبقة من كبريتيد الفضة . وهي أكثر صلابة من الرصاص ولكنها أقل صلابة من النحاس . والفضة أحادية التكافؤ في أغلب مركباتها . ولا تتأثر الفضة بالأحماض المخففة فيما عدا حمض النريك :  
تجرى التجارب التالية على محلول ملح الفضة المعطى لك ( نترات الفضة مثلاً ) :



## ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يتكون راسب أبيض متجمع من كلوريد الفضة يتلون باللون البنفسجي عند تعريضه للضوء . ولا يذوب هذا الراسب في الأحماض ولكن يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم حيث يكون ملحاً متراكباً .



## ٢ - محلول يوديد البوتاسيوم :

يعطى راسب أصفر من يوديد الفضة لا يذوب في الأحماض ولا في محلول هيدروكسيد الأمونيوم .



## ٣ - محلول كرومات البوتاسيوم :

يعطى راسب أحمر من كرومات الفضة يذوب في حمض النتريك المخفف وفي هيدروكسيد الأمونيوم .



## ٤ - كبريتيد الهيدروجين :

يعطى راسب أسود من كبريتيد الفضة يذوب في حمض النتريك المخفف ولا يذوب وفي هيدروكسيد الأمونيوم .



## ٥ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب بني من أكسيد الفضة لا يذوب في زيادة من الكاشف .

## ٦ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

يعطى راسب أبيض سريعاً ما يتحول إلى اللون البني ويذوب في زيادة من هيدروكسيد الأمونيوم مكوناً متراكباً ذائباً .



## الرصاص

Lead Pb

الرصاص معدن لين ثقيل لونه رمادى أو فضى : وهو يذوب فى حمض النتريك المخفف بسهولة ويذوب ببطء فى حمض الهيدروكلوريك المخفف . أما مع حمض الكبريتيك المخفف فإنه تتكون طبقة من كبريتات الرصاص غير الذائبة وهذه تمنع استمرار التفاعل . والرصاص ثنائى التكافؤ فى أغلب مركباته . ولهيدروكسيد الرصاص صفات مترددة حيث يذوب فى محاليل القلويات القوية معطياً بلمبيت  $[PbO_2]^{2-}$  أو بلمبات  $[PbO_3]^{2-}$  :  
تجرى التجارب التالية على محلول ملح الرصاص المعطى لك (نترات الرصاص) مثلاً .

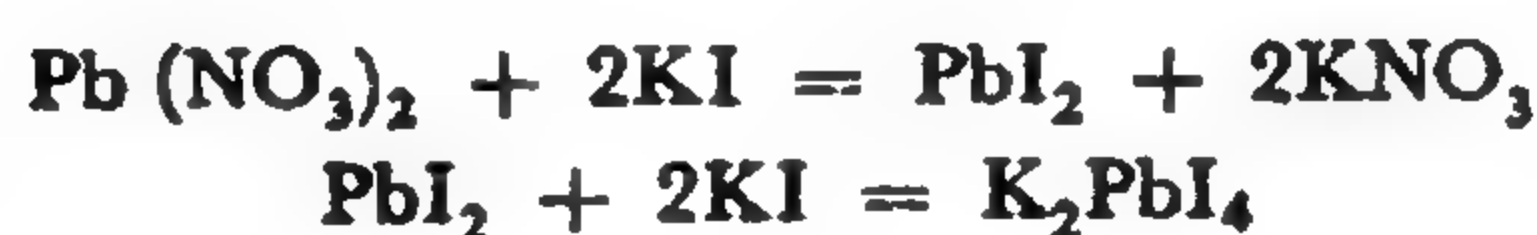
### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يعطى راسب أبيض من كلوريد الرصاص على البارد . يذوب هذا الراسب فى الماء الساخن ويترسب بالتبريد ولكن لا يذوب فى هيدروكسيد الأمونيوم .



### ٢ - محلول يوديد البوتاسيوم :

يعطى راسب أصفر من يوديد الرصاص الذى يذوب فى الماء الساخن ( كمية كبيرة من الماء ) معطياً محلولاً عديم اللون تنفصل منه بلورات صفراء بالتبريد . ويذوب الراسب فى زيادة من الكاشف .



### ٣ - حمض الكبريتيك المخفف :

يتكون راسب أبيض من كبريتات الرصاص يذوب فى محلول خلات الأمونيوم .



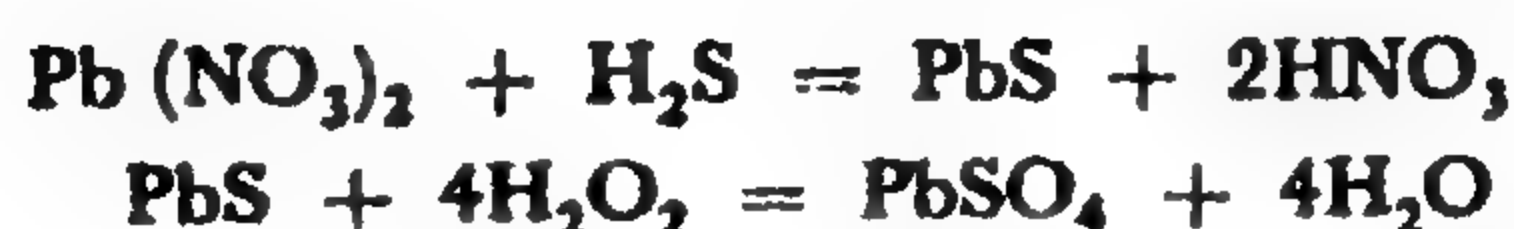
### ٤ - محلول كرومات البوتاسيوم :

يعطى راسب أصفر من كرومات الرصاص لا يذوب فى هيدروكسيد الأمونيوم ولكن يذوب فى حمض النتريك وفى الهيدروكسيدات القلوية .



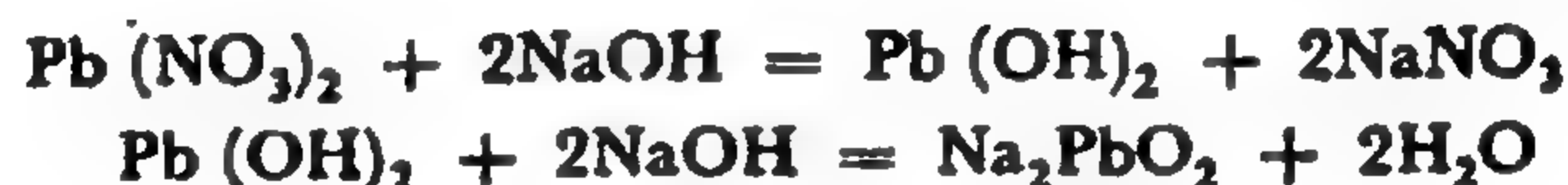
### ٥ - كبريتيد الهيدروجين :

يتكون راسب أسود من كبريتيد الرصاص يذوب في حمض النتريك المخفف الساخن .  
وعند إضافة بضع قطرات من فوق أكسيد الهيدروجين إلى الراسب الأسود يتحول إلى راسب أبيض من كبريتات الرصاص نتيجة لأكسدته .



### ٦ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يعطى راسب أبيض من هيدروكسيد الرصاص يذوب في زيادة من الكاشف (NaOH) حيث يتكون بلميت الصوديوم .



### ٧ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أبيض من هيدروكسيد الرصاص لا يذوب في زيادة من الكاشف :

## الزئبق

### Mercury Hg

الزئبق معدن ثقيل وهو سائل في درجات الحرارة العادية . وهو لا يتأثر بالأحماض المخففة فيما عدا حمض النتريك ( مثل الفضة ) . الزئبق يكون نوعين من الأيونات أيون الزئبقوز وهو أحادي التكافؤ  $(\text{Hg}_2)^{2+}$  ( حيث يحدث إزدواج لذرتين أحاديتي التكافؤ ) وأيون الزئبقيك وهو ثنائي التكافؤ  $\text{Hg}^{2+}$  .

ونظراً لأن كلوريد الزئبقوز لا يذوب في الأحماض المخففة فإن أيون الزئبقوز يوجد في المجموعة الأولى . أما كلوريد الزئبقيك فهو يذوب ولهذا فإن أيون الزئبقيك لا يوجد بالمجموعة الأولى ولكنه يترسب في المجموعة الثانية .

## الزئبقوز



تجرى التجارب التالية على محلول ملح الزئبقوز المعطى لك ( نترات الزئبقوز مثلا ) :

### ١ - حمض الهيدروكلوريك المخفف :

يتكون راسب أبيض من كلوريد الزئبقوز لا يذوب في الماء الساخن ولا في الأحماض المخففة ويتحول إلى اللون الأسود في وجود محلول النشادر .



### ٢ - محلول يوديد البوتاسيوم :

يتكون راسب لونه بين الأخضر والأصفر من يوديد الزئبقوز الذى يذوب في زيادة من الكاشف وينفصل الزئبق .



### ٣ - محلول كرومات البوتاسيوم :

يمطى راسب بني من كرومات الزئبقوز يتحول بالتسخين إلى بلورات حمراء :



### ٤ - كبريتيد الهيدروجين :

راسب أسود من كبريتيد الزئبقوز والزئبق :

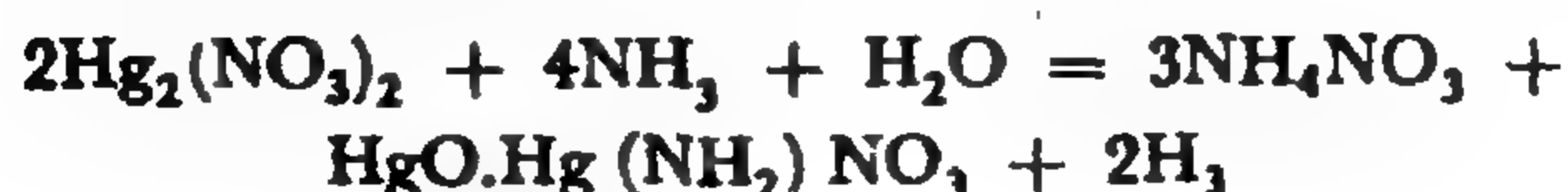
### ٥ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يتكون راسب أسود من أكسيد الزئبقوز .



### ٦ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

يتكون راسب أسود من خليط من الزئبق ونترات أمينو الزئبق القاعدية :





## المجموعة الثانية

ترسب فلزات هذه المجموعة على هيئة كبريتيدات ويتم هذا الترسيب بواسطة كبريتيد الهيدروجين في وجود حمض الهيدروكلوريك المخفف وذلك لمنع ترسيب كبريتيدات الفلزات الأخرى مثل كبريتيد الحارصين والمنجنيز والكوبلت والنيكل ( انظر الباب الخامس ) . وتنقسم هذه المجموعة فيما بينها إلى مجموعتين هما :

### مجموعة ١٢ :

وتشتمل على أملاح الزئبق والنحاس والزنك والكاديوم والرصاص<sup>(١)</sup> وكبريتيدات هذه المجموعة لا تذوب في كبريتيد الأمونيوم الصفراء :

### مجموعة ٢ ب :

وتشتمل على أملاح الزنك والأتيمون والقصدير وكبريتيدات هذه المجموعة تذوب في كبريتيد الأمونيوم الأصفر .

## المجموعة ٢ (١)

### النحاس - الكاديوم - الزنك - الزئبق

فيما يلي بعض خواص هذه العناصر والتفاعلات الهامة لأيوناتها .

### النحاس

#### Copper Cu

النحاس معدن لونه أحمر مائل إلى الأصفر وهو لا يتفاعل مع الأحماض المخففة ولكنه يذوب في حمض النتريك مكوناً نترات النحاس  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  . وتتميز أملاح النحاس المائية بلونها الأزرق . ويمكن اختزال أيون النحاس إلى أيون النحاسوز ( ذات اللون الأصفر الباهت ) بواسطة العوامل المختزلة القوية ولكنها تتأكسد في الهواء الجوي إلى أيون النحاس .  
تجرى التجارب التالية على ملح النحاس المعطى لك ( كبريتات النحاس مثلاً ) :

( ١ ) كثيراً ما يهرب الرصاص من المجموعة الأولى نظراً لأن كلوريد الرصاص يذوب في الماء إلى حد ما وفي هذه الحالة يترسب الرصاص على هيئة كبريتيد الرصاص في المجموعة الثانية .

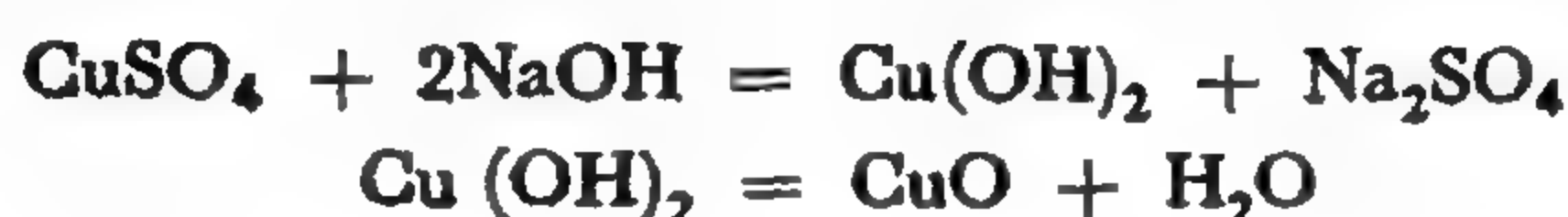
## ١ - كبريتيد الهيدروجين :

راسب أسود من كبريتيد النحاس من المحاليل الحمضية أو المتعادلة ، يذوب في حمض النريك المخفف الساخن ولا يذوب في حمض الكبريتيك المخفف الساخن :



## ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يتكون راسب أزرق من هيدروكسيد النحاسيك يتفكك إلى أكسيد النحاس بالفلان :

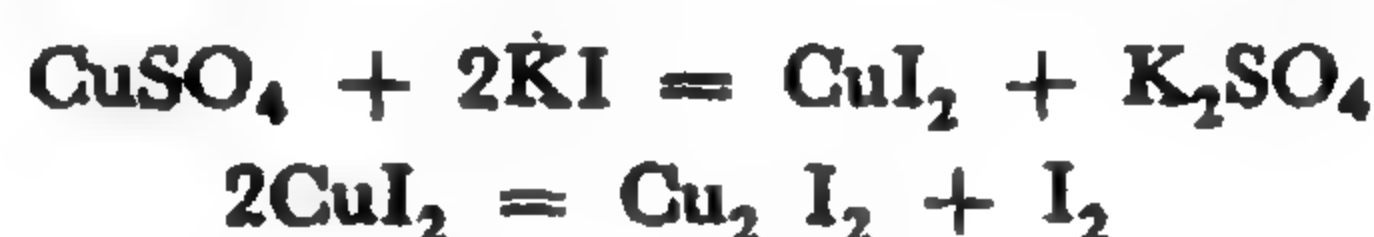


## ٣ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

يتكون راسب أزرق يذوب في زيادة من الكاشف معطياً محلولاً ذا لون أزرق داكن .

## ٤ - محلول يوديد البوتاسيوم .

يتكون راسب من يوديد النحاسيك الذي سرعان ما يتحلل إلى يوديد النحاسوز واليود :



## ٥ - محلول حديد وسيانيد البوتاسيوم :

يتكون راسب بني من حديد وسيانيد النحاسيك لا يذوب في الأحماض ولكنه يذوب في محلول النشادر معطياً محلولاً أزرق اللون :



## ٦ - اختبار اللهب :

يتلون اللهب بلون أخضر :

## ٧ - اختبار خرزة البوراكس :

يصبح لون الخرزة أخضر على الساخن وأزرق على البارد ( في اللهب المؤكسد ) :

## الكاديوم

Cadmium Cd

الكاديوم معدن فضي متبلر وهو يشبه الحارصين في كثير من خواصه فهو يتفاعل ببطء مع حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الهيدروكلوريك المخفف مع تصاعد غاز الهيدروجين ولكنه يذوب بسرعة في حمض النتريك مكوناً نترات الكاديوم  $Cd(NO_3)_2$  . والكاديوم ثنائي التكافؤ في جميع مركباته ويتميز أيون الكاديوم بأنه عديم اللون .  
نجرى التجارب التالية على محلول ملح الكاديوم المعطى لك ( كبريتات الكاديوم مثلاً ) .

### ١ - كبريتيد الهيدروجين :

يتكون راسب أصفر من كبريتيد الكاديوم ( من المحاليل المخففة الحمضية ) . يذوب في الأحماض المخففة الساخنة . لاحظ أنه يجب تخفيف المحلول قبل إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين حيث إن التفاعل عكسي كما يلي :



### ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يتكون راسب أبيض من هيدروكسيد الكاديوم لا يذوب في زيادة من الكاشف .



### ٣ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أبيض من هيدروكسيد الكاديوم يذوب في زيادة من الكاشف ( بخلاف كل من الرصاص والزرنيخ ) .

## الزيموت

Bismuth Bi

الزيموت معدن فضي براق مائل إلى الاحمرار وهو لا يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المخفف أو حمض الكبريتيك ولكنه يتفاعل مع حمض النتريك مكوناً نترات الزيموت الذائبة  $Bi(NO_3)_3$  والزيموت ثلاثي التكافؤ في أغلب مركباته . ومعظم أملاح الزيموت

تتحلل مائياً لتعطي أملاح البزموت القاعدية غير الذائبة مثل أوكسى كلوريد البزموت  $\text{BiOCl}$  تجرى التجارب التالية على محلول ملح البزموت المعطى لك ( نترات البزموت مثلاً )<sup>(١)</sup> :

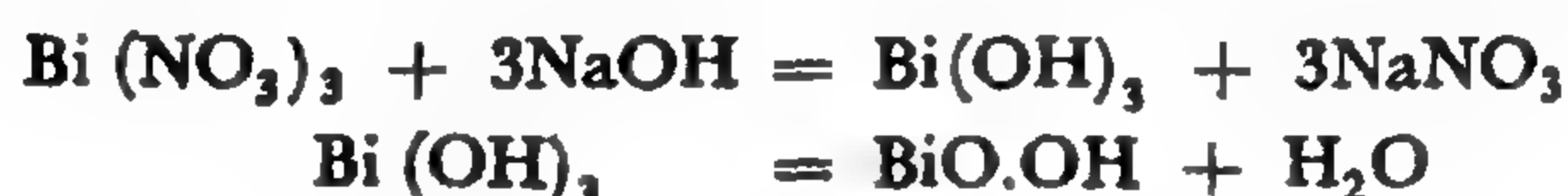
#### ١ - كبريتيد الهيدروجين :

يتكون راسب بني من كبريتيد البزموت ، يذوب في حمض النتريك المخفف الساخن وفي حمض الهيدروكلوريك المركز بالغليان



#### ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يتكون راسب أبيض من هيدروكسيد البزموت يتحول إلى اللون الأصفر بالتسخين :

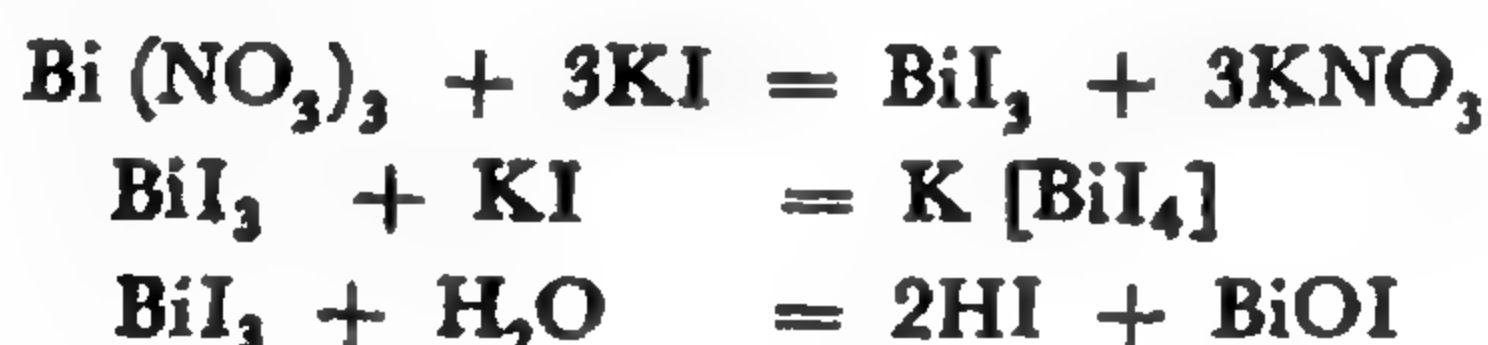


#### ٣ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

يتكون راسب أبيض لا يذوب في زيادة من الكاشف :

#### ٤ - محلول يوديد البوتاسيوم .

راسب بني من ثالث يوديد البزموت يذوب في زيادة من الكاشف معطياً محلولاً أصفر اللون . أضف قليلاً من الماء إلى المحلول ولاحظ تكون راسب برتقالى اللون من اليوديد القاعدى :



#### ٥ - الماء :

عند إضافة قدر كبير من الماء إلى محلول ملح البزموت المركز يتعكر المحلول نتيجة لانفصال الملح القاعدى الذى يذوب في الأحماض المعدنية ولكنه لا يذوب في محلول حمض الطرطريك :

### الزئبقيك



تجرى التجارب التالية على محلول ملح الزئبقيك المعطى لك ( كلوريد الزئبقيك مثلاً ) :

( ١ ) للحصول على محلول رائق أضف بضع قطرات من حمض النتريك المخفف لإذابة الراسب الناتج عن التحلل المائى للملح .



## ١ - كبريتيد الهيدروجين :

يتكون راسب أبيض يتحول سريعاً إلى اللون الأصفر ثم البني الأسود نتيجة لتكون كبريتيد الزئبق



ولا يذوب هذا الراسب في حمض النريك المخفف ولا في هيدروكسيد الصوديوم :

## ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب بني محمر يتحول إلى الأصفر نتيجة لتكون أكسيد الزئبق الأصفر .

## ٣ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

يتكون راسب أبيض من كلوريد أمينو الزئبق :



## ٤ - محلول يوديد البوتاسيوم :

راسب أحمر من يوديد الزئبق يذوب في الزيادة من محلول يوديد البوتاسيوم مكوناً يوديد البوتاسيوم الزئبقى :



## ( المجموعة ٢ ب )

## الزرنبيخ - الأنتمون - القصدير

فيما يلي بعض خواص هذه العناصر والتفاعلات الهامة لأيوناتها

## الزرنبيخ

*Arsenic As*

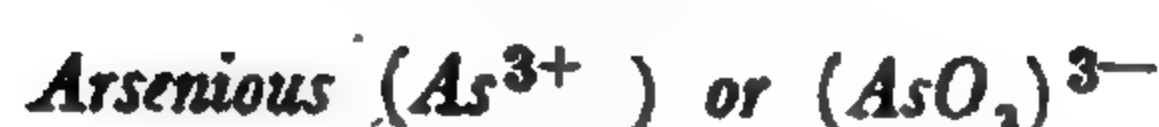
جميع أملاح الزرنبيخ سامة جداً ولذا يجب استعمالها بحذر وحيطة تامة :

معدن الزرنبيخ عبارة عن صلب رمادي اللون هش . يشبه الزرنبيخ المعادن في خواصه الطبيعية

ولكن نظراً للخواص الحمضية لأكاسيده فإنه يمكن وضعه مع مجموعة اللافلزات ولذا يمكن اعتباره عنصر متردد . يتفاعل الزرنيخ مع حمض النتريك ليكون حمض الزرنيخيك الذائب  $\bullet \text{H}_3\text{AsO}_4$  ويوجد سلسلتان من أملاح الزرنيخ هما :

- ١ - أملاح الزرنيخوز ( ثلاثى التكافؤ ) : وهى مشتقة من ثالث أكسيد الزرنيخ  $\text{As}_2\text{O}_3$  ومثال ذلك كلوريد الزرنيخوز  $\text{AsCl}_3$  وزرنيخيت الصوديوم  $\text{Na}_3\text{AsO}_3$  :
- ٢ - أملاح الزرنيخيك ( خماسى التكافؤ ) وهى مشتقة من خامس أكسيد الزرنيخ  $\text{As}_2\text{O}_5$  ومثال ذلك كلوريد الزرنيخيك  $\text{AsCl}_5$  وزرنيخات الصوديوم  $\text{Na}_3\text{AsO}_5$  .

## الزرنيخوز



تجرى التجارب التالية على محلول ملح الزرنيخوز المعطى لك ( كلوريد الزرنيخوز مثلاً ) :

### ١ - كبريتيد الهيدروجين :-

يتكون راسب أصفر من كبريتيد الزرنيخوز يذوب فى محلول هيدروكسيد الصوديوم وكبريتيد الأمونيوم الأصفر ولا يذوب فى حمض الهيدروكلوريك .



### ٢ - محلول نترات الفضة :

يتكون راسب أصفر من زرنيخيت الفضة (من المحاليل المتعادلة) يذوب فى حمض النتريك وفى محلول النشادر .



### ٣ - مخلوط المغنيسيا :

لا يتكون راسب .

### ٤ - كبريتات النحاس :

يتكون راسب أخضر من زرنيخيت النحاس ( من المحاليل المتعادلة ) يذوب فى الأحماض وفى محلول النشادر •

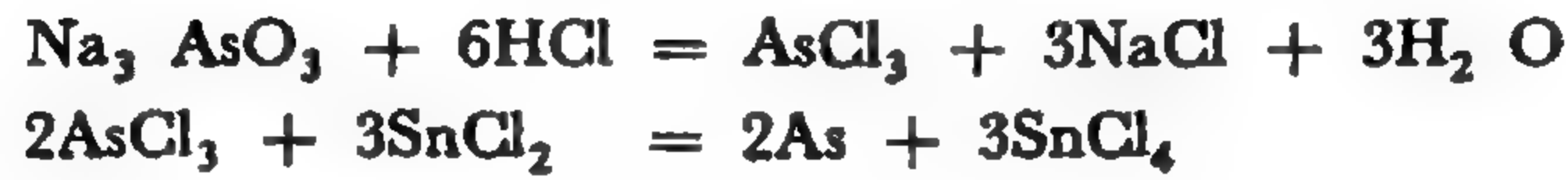
### ٥ - محلول اليود :

يزول اللون لاخترال اليود إلى يوديد الهيدروجين :



### ٦ - كشف انتدروف :

أضف قليلا من محلول الزرنيخيت إلى حوالي ٤ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المركز ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول مركز من كلوريد القصديروز وسخن ببطء. لاحظ تلون المحلول باللون البني القاتم ثم الأسود نتيجة لاتفصال معدن الزرنيخ .



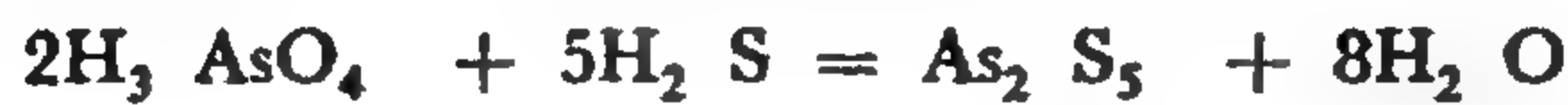
## الزرنيخيك



تجرى التجارب التالية على محلول ملح الزرنيخيك المعطى لك :

### ١ - كبريتيد الهيدروجين :

مع المحاليل الباردة لا يتكون راسب في الحال ويكون الترسيب سريعا من المحاليل الدافئة المحتوية على زيادة كبيرة من حمض الهيدروكلوريك ، ويذوب الراسب في محلول هيدروكسيد الصوديوم ، وكربونات الأمونيوم ، ومحلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر وعديم اللون ولكنه لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المركز الساخن .



### ٢ - محلول نترات الفضة :

يعطى مع المحاليل المتعادلة راسب بني (كالشيكولاتة) من زرنيخات الفضة .

### ٣ - مخلوط المغنيسيا :

راسب أبيض من زرنيخات المغنسيوم والأمونيوم



#### ٤ - محلول موليدات الأمونيوم :

محلول موليدات الأمونيوم: راسب أصفر من زرنخو موليدات الأمونيوم بعد الغليان من المحاليل المحتوية على زيادة من حمض النريك .

### الأنتيمون

*Antimony Sb*

الأنتيمون معدن فضي رمادي اللون وهو يقع في المجموعة الخامسة من الجدول الدوري للعناصر مع كل من الفسفور والزرنيخ والبرموت وهو في خواصه أقرب إلى المعادن من الزرنخ . لا يتأثر الأنتيمون بالأحماض المخففة (مثل الزرنخ وإن كان يتفاعل مع حمض النريك ليعطي ثالث أكسيد الأنتيمون غير الذائب  $Sb_2O_3$ ) . يذوب الأنتيمون في الماء الملكي مكوناً ثالث كلوريد الأنتيمون الذائب  $SbCl_3$  . ويظهر هيدروكسيد الأنتيمون خواصاً مترددة حيث يذوب في القواعد القوية مكوناً أيون الأنتيمونيت ( $SbO_3$ ) . وتشبه أملاح الأنتيمون أملاح البرموت في سهولة تحللها بالماء لتعطي أملاح الأنتيمون القاعدية مثل أوكسي كلوريد أنتيمون  $SbOCl$  :  
ويوجد سلسلتان من أملاح الأنتيمون :

أملاح الأنتيمونوز مثل ثالث كلوريد الأنتيمون  $SbCl_3$  يكون فيها الأنتيمون ثلاثي التكافؤ (وهو التكافؤ الشائع) :  
أملاح الأنتيمونيك مثل خامس كلوريد الأنتيمون  $SbCl_5$  يكون فيها الأنتيمون خماسي التكافؤ .

تجرى التجارب التالية على محلول ملح الأنتيمون المعطى لك :

#### ١ - كبريتيد الهيدروجين :

يتكون راسب برتقالي  $Sb_2S_3$  ( أنتيمونوز ) أو برتقالي مائل إلى الحمرة  $Sb_2S_5$  ( أنتيمونيك ) من المحاليل المحمضة ، يذوب في محلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر وفي حمض الهيدروكلوريك المركز الساخن ولا يذوب في محلول كربونات الأمونيوم .



#### ٢ - الماء :

عند إضافة محلول منح الأنتيمون إلى الماء يتكون راسب أبيض من الملح القاعدي يذوب في حمض الهيدروكلوريك وحمض الطرطريك ( بعكس البرموت ) :



### ٣ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يتكون راسب أبيض من أكسيد الأنثيمون يذوب في الزيادة من الكاشف .

### ٤ - الحارصين :

أضف قليلاً من محلول ملح الأنثيمون المحمض بحمض الهيدروكلوريك إلى قطعة من الحارصين واتركها جانباً . لاحظ تغطية قطعة الحارصين بطبقة سوداء من فلز الأنثيمون .



وعند إذابة هذه الطبقة السوداء في حمض النتريك المخفف الساخن وإمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في المحلول الناتج بعد تخفيفه وتبريده يتكون راسب برتقالي من كبريتيد الأنثيمون .

### ٥ - محلول يوديد البوتاسيوم :

( أ ) يتلون المحلول باللون الأصفر في حالة أملاح الأنثيمونوز .

( ب ) يفصل اليود من المحلول المحمض بحمض الهيدروكلوريك في حالة أملاح الأنثيمونيك ، ( يمكن الكشف عن اليود بواسطة محلول النشا ) .



## القصدير

Tin Sn

القصدير معدن لين لونه أبيض فضي وهو يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف مكوناً كلوريد القصديروز  $\text{SnCl}_2$  (القصدير ثنائي التكافؤ) وفي الماء الملكي مكوناً كلوريد القصديريك  $\text{SnCl}_4$  (القصدير رباعي التكافؤ) وكلا النوعين من أملاح القصدير معروفان وإن كانت أملاح القصديروز كثيراً ما تتأكسد بالهواء الجوي إلى أملاح القصديريك . هيدروكسيدات القصدير (هيدروكسيد القصديروز وهيدروكسيد القصديريك) لها خواص مزدوجة حيث تتفاعل مع القواعد لتعطي أيون قصديريت  $(\text{SnO}_2)^{2-}$  وأيون قصديرات  $(\text{SnO}_3)^{2-}$  على الترتيب .

تجرى التجارب التالية على محلول ملح القصدير المعطى لك :

مبادئ الكيمياء العملية

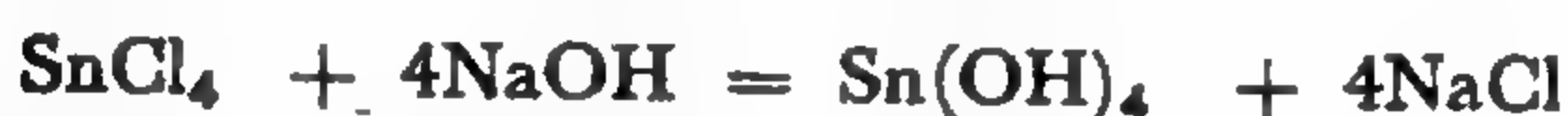
### ١ - كبريتيد الهيدروجين :

يكون راسب بني (قصديروز) أو أصفر (قصديريك) من المحاليل الحمضية المخففة :  
 يذوب في حمض الهيدروكلوريك المركز وفي محلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر ولكنه لا يذوب  
 في محلول كربونات الأمونيوم .



### ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يتكون راسب أبيض من هيدروكسيد القصديروز أو هيدروكسيد القصديريك يذوب  
 في الزيادة من الكاشف مكوناً قصديريت الصوديوم أو قصديرات الصوديوم على الترتيب :



### ٣ - محلول كلوريد الزئبقيك :

للتمييز بين القصديروز والقصديريك :

( أ ) مع أملاح القصديروز : يتكون راسب أبيض من كلوريد الزئبقوز يتحول  
 بالتسخين إلى اللون الأسود نتيجة لاختزاله إلى معدن الزئبق .



( ب ) مع أملاح القصديريك : لا يتكون راسب .

### ٤ - محلول نترات البزموت وهيدروكسيد الصوديوم :

راسب أسود من فلز البزموت مع أملاح القصديروز فقط ( للتمييز بين القصديروز  
 والقصديريك ) .

### ٥ - الحارصين :

يتكون راسب إسفنجي من فلز القصدير على قطعة الحارصين ( من المحلول الحمض ) :  
 يحدث الترسيب بعدل أسرع في حالة أملاح القصديروز .

## المجموعة الثالثة

### الحديد - الألومنيوم - الكروم

تحتوى هذه المجموعة على الكاتيونات التى ترسب على هيئة هيدروكسيد بواسطة هيدروكسيد الألومنيوم فى وجود زيادة من كلوريد الألومنيوم وهى هيدروكسيد الحديدىك ، وهيدروكسيد الألومنيوم ، وهيدروكسيد الكروم . ولا بد من وجود زيادة من كلوريد الألومنيوم وذلك لمنع ترسيب هيدروكسيدات الفلزات الأخرى كالمنجنيز والحارصين والكوبلت والنيكل والمغنسيوم (انظر الباب الخامس) .

نظراً لصوبة ترسيب هيدروكسيد الحديدوز فإنه من الأفضل أكسدته إلى حديدىك قبل لكشف عن عناصر هذه المجموعة .  
فما يلى بعض خواص هذه العناصر والتفاعلات الهامة لأيوناتها .

### الحديد

Iron Fe

الحديد معدن صلب ثقيل لونه أبيض فضى فى حالته النقية ولكنه يصدأ بسرعة فى الهواء الرطب . يذوب الحديد فى كل من حمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك مكوناً أملاح الحديدوز ويتصاعد الهيدروجين . أما مع التريكل فيتكون نترات الحديدىك .

يعطى الحديد نوعين من الأملاح هما :

أملاح الحديدوز : يكون فيها الحديد ثنائى التكافؤ (أيون الحديدوز ذات لون أخضر باهت) :

أملاح الحديدىك : يكون فيها الحديد ثلاثى التكافؤ (أيون الحديدىك ذات لون أصفر بنى) :

محاليل مركبات الحديدوز سرعان ما تتأكسد باخواء الجوى :

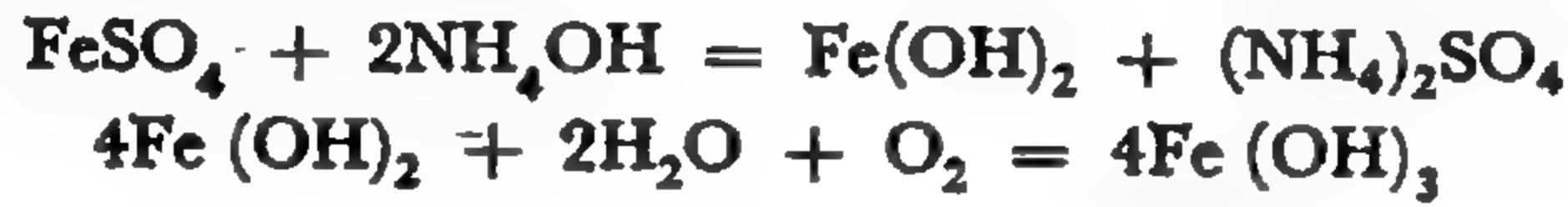
## الحديدوز

Ferrous (Fe<sup>2+</sup>)<sup>+</sup>

تجرى التجارب التالية على محلول ملح الحديدوز المغطى لك :

### ١ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

تُعطي أملاح الحديدوز النقية راسب أبيض من هيدروكسيد الحديدوز : ولكن نظراً لسهولة أكسدة أملاح الحديدوز في الجو يكتسب الراسب لوناً مائلاً للخضرة . ولا يذوب الراسب في زيادة من الكاشف ولكن يذوب في الأحماض : وعند تعرض الراسب للجو يتأكسد إلى أكسيد الحديديك ( بني اللون ) .



### ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

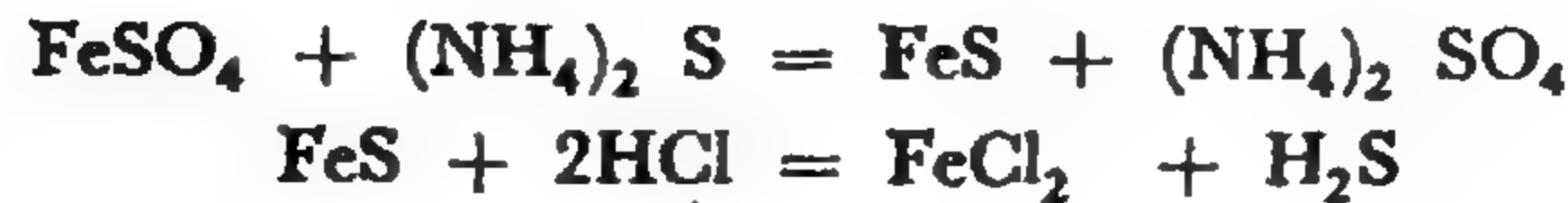
يتكون راسب من هيدروكسيد الحديدوز كما هو الحال في حالة هيدروكسيد الأمونيوم لا يذوب في الزيادة من الكاشف ولكن يذوب في الأحماض :

### ٣ - كبريتيد الهيدروجين :

لا يتكون أى راسب من المحلول الحمضى وعند إضافة قليل من هيدروكسيد الأمونيوم إلى المحلول الناتج يتكون راسب أسود من كبريتيد الحديدوز :

### ٤ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

يتكون راسب أسود من كبريتيد الحديدوز يذوب في الأحماض مع تصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين :



### ٥ - محلول حديدو سيانيد البوتاسيوم :

تُعطي أملاح الحديدوز النقية ( وفي جو خال من الأكسجين ) راسب أبيض من حديدو



سيانيد الحديدوز  $Fe_2 [Fe (CN)_6]$  . ولكن في الظروف العادية يتلون الراسب باللون الأزرق الباهت نظراً لتأكسد الجزئي إلى حديد وسيانيد الحديديك (أزرق بروسيا)



٦- محلول حديدى سيانيد البوتاسيوم :

يتكون راسب أزرق قائم من حديدى سيانيد الحديدوز (أزرق ترنيل) من المحاليل المخففة (لتمييز بين الحديدوز والحديديك) :



٧- محلول ثيوسيانات الأمونيوم :

لا يحدث أى تغير في اللون مع أملاح الحديدوز النقية (لتمييز بين الحديدوز والحديديك) :

٨- محلول برمنجنات البوتاسيوم :

أضف بضع قطرات من محلول برمنجنات البوتاسيوم إلى محلول الحديدوز الممض بمحمض الكبريتيك : لاحظ اختفاء لون البرمنجنات .



## الحديديك

Ferric (Fe)<sup>+3</sup>

تجرى التجارب التالية على محلول ملح الحديديك المسمى لك :

١- محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

يعطى راسب هلامي اللون من هيدروكسيد الحديديك لا يذوب في زيادة من الكاشف ولكن يذوب في الأحماض المعدنية :

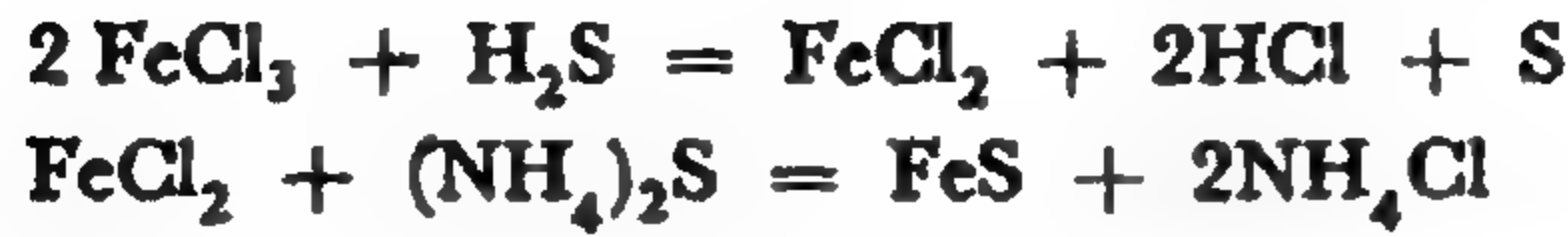


٢- محلول هيدروكسيد الصوديوم :

يتكون راسب بني هلامي من هيدروكسيد الحديديك كما في التجربة السابقة :

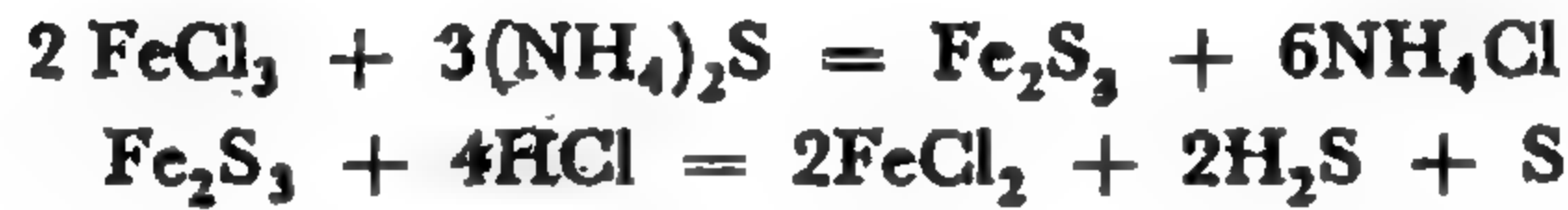
### ٣ - كبريتيد الهيدروجين :

لا يتكون راسب من المحلول الحمضي بل يختزل ملح الحديدك إلى ملح الحديدوز مع انفصال الكبريت . أضف إلى المحلول الناتج بضع قطرات من هيدروكسيد الأمونيوم ولاحظ ترسيب كبريتيد الحديدوز (أسود اللون) .



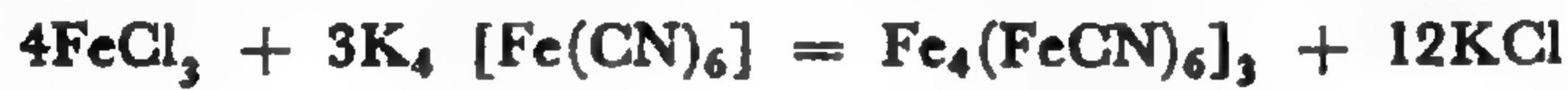
### ٤ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

يتكون راسب أسود من كبريتيد الحديدك يذوب في الأحماض المعدنية مكوناً كلوريد الحديدوز وينفصل الكبريت .



### ٥ - محلول حديدو سيانيد البوتاسيوم :

يعطى مع المحاليل المتعادلة أو الحمضية الضعيفة راسب أزرق قائم من حديدوسيانييد الحديدك (أزرق بروسيا) لا يذوب في الهيدروكلوريك المخفف (للتمييز بين الحديدوز والحديدك) .



### ٦ - محلول حديدى سيانيد البوتاسيوم :

يتلون المحلول بآثاؤن البنى نتيجة لتكوين حديدى سيانيد الحديدك  $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

### ٧ - محلول فوسفات الصوديوم :

راسب أبيض يميل إلى الاصفرار من فوسفات الحديدك يذوب في حمض الخليك ولكن يذوب في الأحماض المعدنية .



### ٨ - محلول خلات الصوديوم :

تتكون خلات الحديدك ويتاؤن المحلول بآثاؤن الأحمر البنى . سخن المحلول لدرجة الغليان ولاحظ ترسيب خلات الحديدك القاعدية بنية اللون .



## ٩ - محلول ثيوسيانات الأمونيوم :

يتلون المحلول باللون الأحمر نتيجة لتكون أيون ثيوسيانات الحديدك ( للتمييز بين الحديدوز والحديديك ) .



## ١٠ - اختبار خرزة البوراكس :

أنحضر باهت (في اللهب المختزل) وأصفر باهت (في اللهب المؤكسد) .

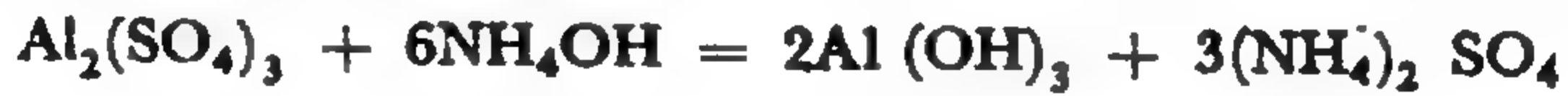
## الألمنيوم

Aluminium Al

الألمنيوم معدن خفيف لين لونه أبيض غير قابل للصدأ . وهو يذوب بسهولة في حمض الهيدروكلوريك المخفف وكذا حمض الكبريتيك المخفف وهو لا يتأثر إلى حد ما بحمض النريك وذلك لتكوين طبقة واقية من أكسيد الألمنيوم : والألمنيوم ثلاثي التكافؤ في جميع مركباته . وهو عنصر متردد حيث يكون أيون الألومنيات  $[\text{AlO}_2]^-$  مع القلويات القوية . يذوب الألمنيوم في هيدروكسيد الصوديوم معطياً ألومينات الصوديوم ويتصاعد الهيدروجين . تجري التجارب التالية على محلول ملح الألمنيوم المغطى لك

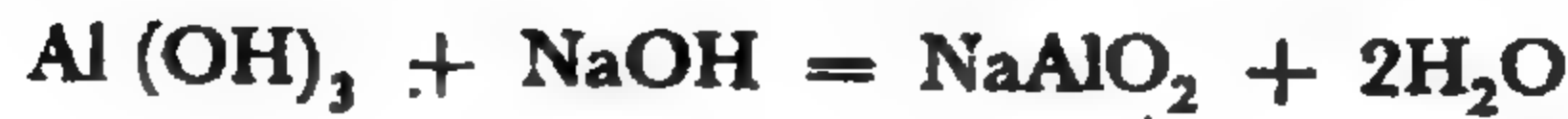
## ١ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أبيض هلامي من هيدروكسيد الألمنيوم يذوب إلى حد ما في زيادة من الكاشف .



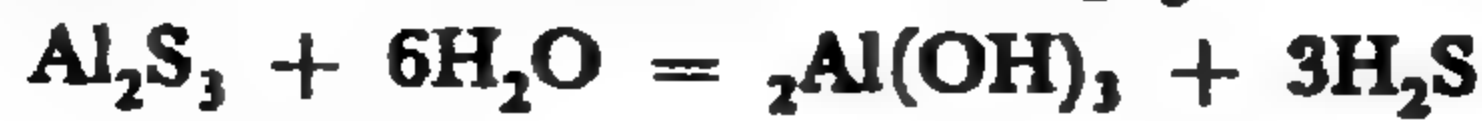
## ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب أبيض من هيدروكسيد الألمنيوم يذوب في زيادة من الكاشف مكوناً ألومينات الصوديوم :



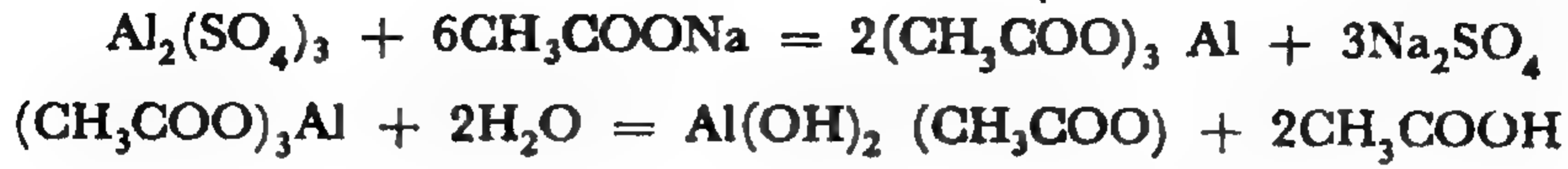
## ٣ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

راسب أبيض من هيدروكسيد الألمنيوم لأن كبريتيد الألمنيوم يتحلل بالماء إلى الهيدروكسيد :



#### ٤ - محلول خلات الصوديوم :

لا يتكون راسب على البارد ، سخن المحلول مع زيادة من الكاشف ولاحظ ترسب خلات الألومنيوم القاعدية .



#### ٥ - محلول فوسفات الصوديوم :

راسب أبيض هلامي من فوسفات الألومنيوم لا يذوب في حمض الخليك ولكن يذوب في كل من الأحماض المعدنية والقلويات .

#### ٦ - محلول كربونات الصوديوم :

راسب أبيض هلامي من هيدروكسيد الألومنيوم نتيجة لتحلل كربونات الألومنيوم بالماء . لاحظ أن الراسب يذوب في زيادة من الكاشف .

## الكروم

Chromium Cr

الكروم معدن صلب براق لونه رمادي ، يذوب في الأحماض المخففة (حمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك) وهو كالألومنيوم لا يتأثر بحمض النتريك نظراً لتكوين طبقة واقية من أكسيد الكروم ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) . والكروم قد يكون ثنائي التكافؤ أو ثلاثي التكافؤ (التكافؤ الشائع) أو (سداسي التكافؤ) : وهيدروكسيد الكروم صفات مترددة فهو يذوب في القواعد القوية مكوناً أيون الكروميت ( $\text{CrO}_2^-$ ) ( ذات لون أخضر قائم) .

٢٠ رى التجارب التالية على محلول ملح الكروم المعطى لك ( كلوريد الكروميك مثلاً) .

#### ١ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

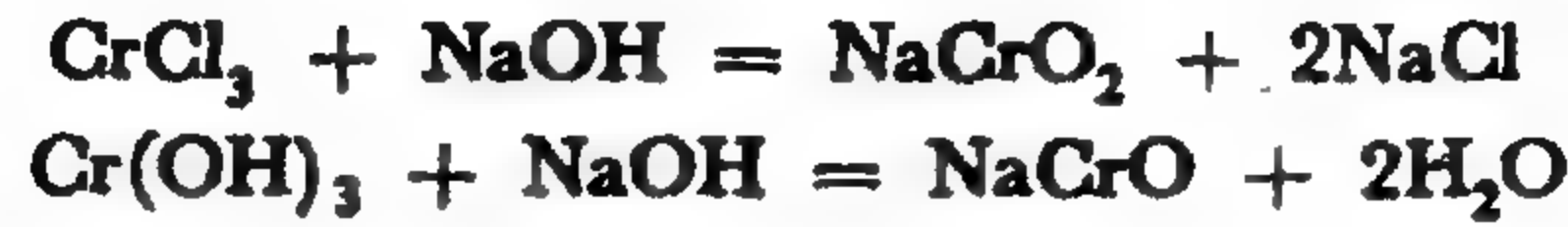
راسب أخضر يميل إلى الزرقة من هيدروكسيد الكروميك يذوب في زيادة من الكاشف مكوناً محلولاً يميل لونه إلى اللون البنفسجي . ولإتمام ترسيب هيدروكسيد الكروم يجب تجنب إضافة زيادة من الكاشف وغليان المحلول .





## ٢ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب أخضر من هيدروكسيد الكروميك يذوب في زيادة من الكاشف ليكون محلولاً أخضر نتيجة لتكون كروميت الصوديوم . سخن المحلول لدرجة الغليان ولاحظ ترسب هيدروكسيد الكروميك مرة أخرى .



أضف بضع قطرات من محلول فوق أكسيد الهيدروجين إلى المحلول الأخضر ولاحظ تغير اللون إلى الأصفر لتأكسد كروميت الصوديوم إلى كرومات الصوديوم .



## ٣ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

يرسب هيدروكسيد الكروميك (راجع حالة الألومنيوم) :

## ٤ - محلول كربونات الصوديوم :

يرسب هيدروكسيد الكروميك (راجع حالة الألومنيوم) :

## ٥ - محلول خلات الصوديوم :

لا يتكون راسب حتى بعد الغليان .

## ٦ - محلول فوسفات الصوديوم :

راسب أصفر من فوسفات الكروميك يذوب في الأحماض المعدنية .



## ٧ - فوق أكسيد الصوديوم الصلب :

يتلون المحلول باللون الأصفر لتأكسد ملح الكروم إلى كرومات الصوديوم .

## ٨ - اختبار خرزة البوراكس :

خرزة خضراء في كل من اللهب المؤكسد والمختزل .

## المجموعة الرابعة الخارصين - المنجنيز - النيكل - الكوبلت

تحتوى هذه المجموعة على الكاتيونات التى ترسب على هيئة كبريتيدات فى الوسط القاعدى وهى كبريتيد الخارصين وكبريتيد المنجنيز وكبريتيد النيكل وكبريتيد الكوبلت . وهى ترسب بواسطة كاشف المجموعة وهو كلوريد الأمونيوم ثم هيدروكسيد الأمونيوم وكبريتيد الهيدروجين أو كبريتيد الأمونيوم : ويضاف كلوريد الأمونيوم قبل إضافة هيدروكسيد الأمونيوم وذلك لمنع ترسيب هيدروكسيدات هذه الفلزات وكذا هيدروكسيد المغنسيوم ( انظر الباب الخامس ) . وفيما يلى بعض خواص هذه العناصر والتفاعلات الهامة لأيوناتها .

### الخارصين

Zinc Zn

الخارصين معدن لونه أبيض مائل إلى الزرقة وهو يتفاعل مع الأحماض المخففة . ويتصاعد الهيدروجين من حمض الهيدروكلوريك والكبريتيك بينما يعطى أكاسيد النتروجين مع حمض النتريك . والخارصين ثنائى التكافؤ فى جميع مركباته وأيون الخارصين  $Zn^{2+}$  عديم اللون . والخارصين عنصر متردد حيث يذوب فى هيدروكسيد الصوديوم معطياً خارصينات الصوديوم  $Na_2ZnO_2$  مع تصاعد غاز الهيدروجين .  
تجرى التجارب التالية على محلول ملح الخارصين المعطى لك ( كبريتات الخارصين مثلاً ) :

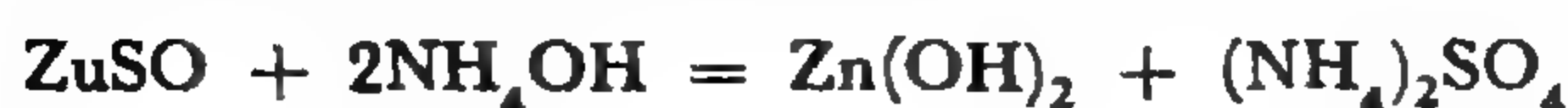
#### ١ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

راسب أبيض من كبريتيد الخارصين ، يذوب فى الأحماض المعدنية .



#### ٢ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أبيض من هيدروكسيد الخارصين يذوب فى زيادة من الكاشف .

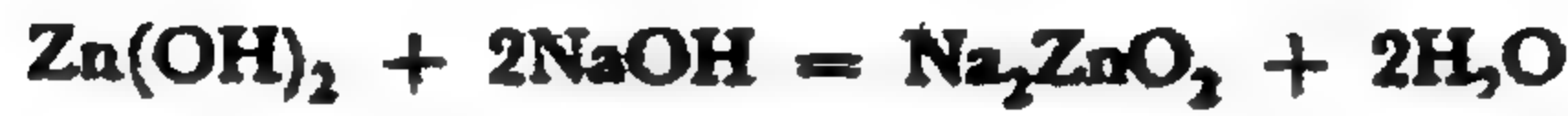


### ٣ - محلول كلوريد الألومنيوم / هيدروكسيد الألومنيوم :

أضف إلى المحلول ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كلوريد الألومنيوم ثم أضف هيدروكسيد الألومنيوم ،  
ولاحظ عدم تكون راسب لأن تركيز أيون الهيدروكسيد يكون قليلاً إلى حد ما . يمكن لترسيب  
هيدروكسيد الخارصين .

### ٤ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب أبيض هلامي من هيدروكسيد الخارصين يتوب في زيادة من الكاشف مكوناً  
خارصينات الصوديوم .



### ٥ - محلول فوسفات الصوديوم :

راسب أبيض من فوسفات الخارصين يتوب في هيدروكسيد الألومنيوم وفي الأحماض  
الضعفة .

### ٦ - محلول حديد وسيانيد البوتاسيوم :

راسب أبيض من حديد وسيانيد الخارصين يتوب في زيادة من الكاشف .



## المنجنيز

### Manganese Mn

المنجنيز معدن رمادي اللون يتفاعل مع الأحماض الضعفة (مثل الخارصين) . والمنجنيز  
قد يكون ثنائي التكافؤ (أيون المنجنيز  $\text{Mn}^{2+}$  ذو اللون الأرجواني الباهت) وهو التكافؤ  
الشائع أو قد يكون رباعي التكافؤ كما في ثاني أكسيد المنجنيز  $\text{MnO}_2$  أو سباعي التكافؤ  
كما في أيون البرمنجنات  $\text{MnO}_4^-$  .

تجرى التجارب التالية على محلول ملح المنجنيز للمعطى لك (كلوريد أو كبريتات المنجنيز

مثلاً) .

### ١ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

راسب بني باهت ( لون اللحم ) من كبريتيد المنجنيز يذوب في الأحماض المخففة .

### ٢ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أبيض خفيف من هيدروكسيد المنجنيز .



### ٣ - محلول كلوريد الأمونيوم / هيدروكسيد الأمونيوم :

لا يتكون راسب ( راجع حالة الخارصين ) :

### ٤ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب من هيدروكسيد المنجنيز الذي يتغير لونه إلى اللون البني عند تعرضه للجو فترة من الزمن لتكون هيدروكسيد المنجنيت .

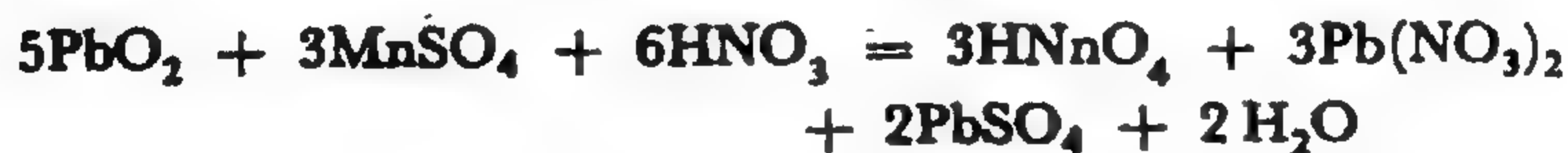


### ٥ - محلول فوسفات الصوديوم :

راسب ( في لون اللحم ) من فوسفات المنجنيز ولا يتكون الراسب إلا في وجود كمية زائدة من هيدروكسيد الأمونيوم .

### ٦ - ثاني أكسيد الرصاص / حمض النتريك المركز :

عند غلي أملاح المنجنيز ( ما عدا كلوريد المنجنيز ) مع هذا الخليط ثم ترك المحلول فترة جانباً يتلون المحلول الرائق باللون البنفسجي نتيجة لتكون حمض البرمنجانيك .



ولا يعطى هذا التفاعل نتيجة إيجابية في وجود الكلوريدات نظراً لأن حمض البرمنجانيك يتحلل في وجود الهيدروكلوريك .

### ٧ - اختبار خرزة البوراكس :

لا يظهر أي لون في اللهب المختزل ولكن في حالة اللهب المؤكسد تتلون الخرزة باللون البنفسجي وهي ساخنة واللون الأحمر وهي باردة :



## النيكل

Nickel Ni

النيكل معدن لونه فضي وهو يتفاعل مع الأحماض المعدنية المخففة والنيكل ثنائي التكافؤ (أيون النيكل  $Ni^{+2}$ ) ذات لون أخضر .  
تجرى التجارب التالية على محلول ملح النيكل المعطى لك ( كلوريد أو كبريتات النيكل مثلاً ) :

### ١ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

راسب أسود من كبريتيد النيكل من المحاليل المتعادلة لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف ولكنه يذوب في حمض النتريك المركز الساخن وفي الماء الملكي وينفصل الكبريت .



### ٢ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أخضر من الملح القاعلى يذوب في زيادة من الكاشف .



### ٣ - محلول كلوريد الأمونيوم / هيدروكسيد الأمونيوم :

لا يتكون راسب ( راجع حالة الحارصين ) :

### ٤ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب أخضر من هيدروكسيد النيكل لا يذوب في زيادة من الكاشف ولكن يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم مكوناً محلولاً أزرق اللون .

### ٥ - ثنائي مثيل جليوكزيم :

راسب أحمر من ثنائي مثيل جليوكزيم النيكل في وجود هيدروكسيد الأمونيوم .

## الكوبلت

Cobalt Co

الكوبلت معدن صلب رمادي اللون يتفاعل مع الأحماض المخففة . والكوبلت ثنائي التكافؤ في أغلب مركباته وأيون الكوبلتوز  $(Co)^{2+}$  ذات لون أرجواني في حالتها المائية وأزرق في حالتها اللامائية . وهناك قلة من مركبات الكوبلتيك  $(Co)^{+3}$  ولكنها غير شائعة .  
تجرى التجارب التالية على محلول ملح الكوبلت المعطى لك ( نترات الكوبلت مثلا ) :

### ١ - محلول كبريتيد الأمونيوم :

راسب أسود من كبريتيد الكوبلت ( من المحاليل القلوية أو المتعادلة ) لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف ولكن يذوب في حمض النتريك المركز وفي الماء الملكي :



### ٢ - محلول هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أزرق من الملح القاعدي يذوب في زيادة من الكاشف ويتحول المحلول النشادرى إلى اللون الأحمر عند تعرضه للجو أو عند إضافة فوق أكسيد الهيدروجين :



### ٣ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب أزرق من الملح القاعدي يتحول إلى اللون الوردي ( هيدروكسيد الكوبلتوز ) بإضافة زيادة من القلوى والتسخين . وعند إضافة عامل مؤكسد مثل فوق أكسيد الهيدروجين يتحول إلى اللون الأسود ( هيدروكسيد الكوبلتيك ) .

### ٤ - محلول نترات البوتاسيوم :

أضف زيادة من محلول نترات البوتاسيوم إلى محلول مركز من ملح الكوبلت المحمض بمحمض الخليك فيتكون راسب أصفر من كوبلتى نترات البوتاسيوم ، قد يلزم ترك المحلول فترة من الزمن مع الرج من آن لآخر ولا سيما مع المحاليل المخففة .

### ٥ - محلول ثيوسيانات الأمونيوم :

يتلون المحلول بلون أزرق وعند رج المحلول الناتج مع الكحول الأميلي تتلون طبقة الكحول باللون الأزرق :

### ٦ - اختبار خرزة البوراكس :

أزرق في اللهب المحترق والمؤكسد على السواء :

## المجموعة الخامسة

### الباريوم - الاسترانشيوم - الكالسيوم

تحتوى هذه المجموعة على الكاتيونات التي ترسب على هيئة كربونات في الوسط القاعدي وهي كربونات الباريوم وكربونات الاسترانشيوم وكربونات الكالسيوم . ويتكون كاشف المجموعة من كلوريد الأمونيوم ثم هيدروكسيد الأمونيوم وكربونات الأمونيوم . ويضاف كلوريد الأمونيوم لمنع ترسيب هيدروكسيد أو كربونات المغنسيوم . وفلزات هذه المجموعة تعرف بالاقلاء الأرضية وتقع في المجموعة الثانية من الجدول الدوري للعناصر ولذا وهي متشابهة في الخواص والتفاعلات وهي معادن خفيفة فضية اللون ونشطة . فهي تتفاعل مع الأحماض المخففة لتعطي الهيدروجين وأيونات ثنائية التكافؤ . وعناصر هذه المجموعة ثنائية التكافؤ في جميع مركباتها وأيوناتها عديمة اللون : وعناصر هذه المجموعة تتأكسد بسرعة في الهواء الرطب ولذا يجب حفظها تحت الكيروسين أو أى زيت معلى آخر لحمايتها من الهواء الجوى :

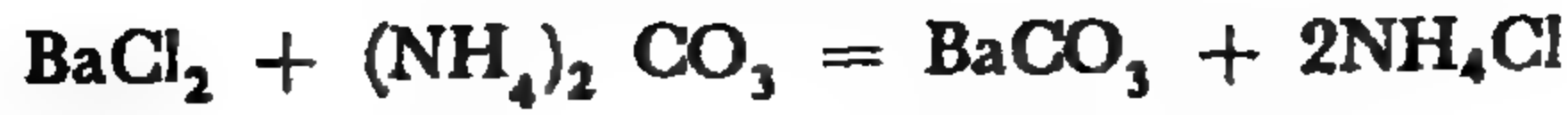
### الباريوم

Barium Ba

تجرى التجارب التالية على محلول ملح الباريوم المعطى لك ( كلوريد الباريوم مثلا ) :

### ١ - محلول كربونات الأمونيوم :

راسب أبيض من كربونات الباريوم يذوب في حمض الخليك وفي الأحماض المعدنية المخففة :



## ٢ - محلول أكسالات الأمونيوم :

راسب أبيض من أكسالات الباريوم من المحاليل المركزة يذوب في حمض الخليك المخفف الساخن ( للتمييز بين الباريوم والكالسيوم ) وفي الأحماض المعدنية :

## ٣ - حمض الكبريتيك المخفف :

راسب أبيض ثقيل من كبريتات الباريوم لا يذوب في الأحماض المعدنية .

## ٤ - محلول كبريتات الكالسيوم :

يتكون راسب أبيض في الحال من كبريتات الباريوم حتى من المحاليل المخففة ( للتمييز بين الباريوم والأسترانشيوم )



## ٥ - محلول كرومات البوتاسيوم :

راسب أصفر من كرومات الباريوم لا يذوب في حمض الخليك ( للتمييز بين الباريوم وكل من الأسترانشيوم والكالسيوم ) ولكنه يذوب في الأحماض المعدنية .



## ٦ - اختبار اللهب :

لون أخضر تفاحي ( أخضر باهت ) .

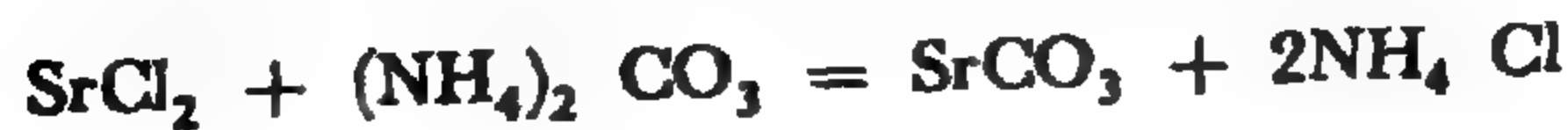
## الاسترانشيوم

Strontium Sr

تجرى التجارب التالية على محلول ملح الاسترانشيوم المعطى لك ( كلوريد الاسترانشيوم مثلا ) .

## ١ - محلول كربونات الأمونيوم :

راسب أبيض من كربونات الاسترانشيوم يذوب في حمض الهيدروكلوريك :





## ٢ - حمض الكبريتيك المخفف :

راسب أبيض من كبريتات الأسترانسيوم لا يذوب في محلول كبريتات الأمونيوم ( للتمييز بين الأسترانسيوم والكالسيوم ) .

## ٣ - محلول كبريتات الكالسيوم :

راسب أبيض من كبريتات الأسترانسيوم يتكون ببطء على البارد ويزداد الراسب بالغليان ( للتمييز بين الأسترانسيوم والباريوم ) .

## ٤ - محلول اكسالات الأمونيوم :

راسب أبيض من اكسالات الأسترانسيوم يذوب في الأحماض المعدنية ولكنه قليل الذوبان في حمض الخليك .

## ٥ - محلول كرومات البوتاسيوم :

راسب أصفر من كرومات الأسترانسيوم من المحاليل المركزة يذوب نسبياً في حمض الخليك .

## ٦ - اختبار اللهب :

لون قرمزي .

## الكالسيوم

Calcium Ca

تُجرى التجارب التالية على محلول ملح الكالسيوم المعطى لك ( كلوريد الكالسيوم مثلاً ) :

## ١ - محلول كربونات الأمونيوم :

راسب أبيض من كربونات الكالسيوم يذوب في حمض الخليك وفي الأحماض المعدنية .

## ٢ - حمض الكبريتيك المخفف :

راسب أبيض من كبريتات الكالسيوم من المحاليل المركزة يذوب في محلول كبريتات الأمونيوم المركز .

### ٣ - محلول كبريتات الكالسيوم :

لا يتكون راسب ( للتمييز بين الكالسيوم وكل من الأسترانسيوم والباريوم ) :

### ٤ - محلول أكسالات الأمونيوم :

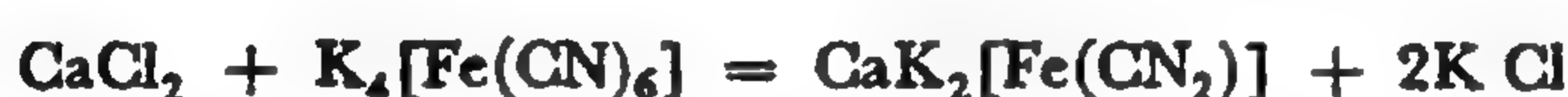
راسب أبيض من أكسالات الكالسيوم في الحال من المحاليل المركزة ولا يذوب الراسب في حمض الخليك ولكنه يذوب في الأحماض المعدنية :

### ٥ - محلول كرومات البوتاسيوم :

لا يتكون راسب من المحاليل المخففة وإذا تكون راسب من المحاليل المركزة فإن الراسب يذوب في حمض الخليك .

### ٦ - محلول حديد وسيانيد البوتاسيوم :

راسب أبيض من حديد وسائد الكالسيوم والبوتاسيوم ويكون التفاعل أكثر حساسية في وجود كمية زائدة من كلوريد الأمونيوم .



### ٧ - اختبار اللهب :

لون أحمر طوبى .

## المجموعة السادسة

### الأمونيوم - المغنيسيوم - البوتاسيوم - للصوديوم

تتكون هذه المجموعة من الكاتيونات التي لم ترسب في المجموع السابقة وهي تحتوى على فلزات الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم وشق الأمونيوم . والمغنيسيوم يشبه إلى حد كبير الأتلاء الأرضية ( المجموعة الخامسة ) ولكن رؤى وضعه في المجموعة السادسة لتسهيل عملية التحليل . أما شق الأمونيوم فقد وضع في هذه المجموعة نظراً لتشابه تفاعلات كل من الأمونيوم والبوتاسيوم . وليس لهذه المجموعة كاشف موحد كالمجموعات السابقة . ولكن يكشف عن أفرادها فراداً .

الصوديوم والبوتاسيوم معادن لينة ذات لون أبيض فضي : وهي نشطة جداً تتأكسد بسرعة في

الهواء الرطب وتتفاعل بشدة مع الماء والأحماض معطية أيونات أحادية التكافؤ ويتصاعد الهيدروجين وتعرف هذه المعادن بالفلزات القلوية نظراً لأن هيدروكسيداتنا قواعد قوية .  
فلز المغنسيوم أقل نشاطاً من الصوديوم والبوتاسيوم فهو لا يتأكسد بسهولة في الجو ويذوب بسهولة في الأحماض المعدنية المخففة .  
شق الأمونيوم يشبه البوتاسيوم في كثير من النواحي وإن كان هيدروكسيد الأمونيوم قاعدة ضعيفة ( على خلاف الفلزات القلوية ) :

### الأمونيوم Ammonium $\text{NH}_4^+$

تجرى التجارب التالية على محلول ملح الأمونيوم المعطى لك ( كلوريد الأمونيوم مثلاً ) :

#### ١ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

سخن قليلاً من الملح الصلب ( أو محلول الملح ) مع هيدروكسيد الصوديوم ولاحظ تصاعد غاز النشادر ذو الرائحة المميزة . ويمكن الكشف عن غاز النشادر بإحدى الطرق الآتية :  
( ١ ) تكوين سحب بيضاء من كلوريد الأمونيوم عند تعريض ساق زجاجية مبللة بمحضر الهيدروكلوريك المركز للغاز المتصاعد .  
( ب ) تغيير لون ورقة عباد الشمس الحمراء إلى الأزرق .  
( ج ) تحويل ورقة ترشيح مبللة بمحلول نترات الزئبقوز إلى اللون الأسود .

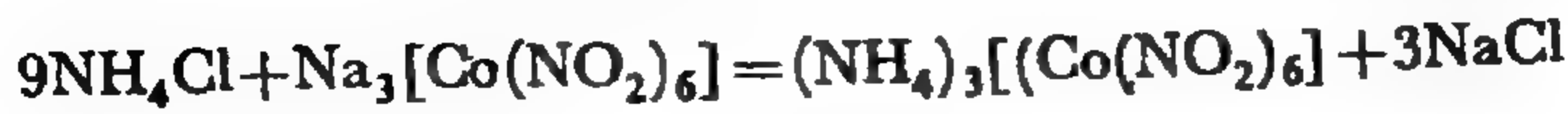
#### محلول نسلر :

راسب بني أو لون بني أو أصفر حسب تركيز النشادر في المحلول ويمكن بواسطة هذا الاختبار الكشف عن آثار النشادر التي قد توجد في ماء الشرب .



#### ٣ - محلول كوبلي نثريت الصوديوم :

راسب أصفر من كوبلي نثريت الأمونيوم كما في حالة البوتاسيوم .



#### ٤ - محلول مشبع من طرطرات الصوديوم الهيدروجينية :

راسب أبيض من طرطرات الأمونيوم الهيدروجينية . كما في حالة البوتاسيوم إلا أن الراسب

في هذه الحالة أكثر ذوباناً من راسب البوتاسيوم : ويمكن التمييز بينهم بتسخين الراسب مع محلول هيدروكسيد الصوديوم حيث يتصاعد التشادر في حالة أملاح الأمونيوم :

### المغنسيوم Magnesium Mg

تجرى التجارب التالية على محلول ملح المغنسيوم المعطى لك ( كبريتات المغنسيوم مثلاً ) :

#### ١ - محلول هيدروكسيد الصوديوم :

راسب أبيض من هيدروكسيد المغنسيوم لا يذوب في زيادة من البكاشف ولكن يذوب في محلول كلوريد الأمونيوم .



#### ٢ - هيدروكسيد الأمونيوم :

راسب أبيض هلامي من هيدروكسيد المغنسيوم يذوب في محلول كلوريد الأمونيوم :

#### ٣ - محلول كربونات الصوديوم :

تعطى راسب أبيض من الكربونات القاعدية يذوب في محلول كلوريد الأمونيوم :



#### ٤ - محلول فوسفات الصوديوم :

يتكون راسب أبيض من فوسفات المغنسيوم والأمونيوم في وجود كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم يذوب في حمض الخليك وفي الأحماض المعدنية المخففة .



### البوتاسيوم Potassium K

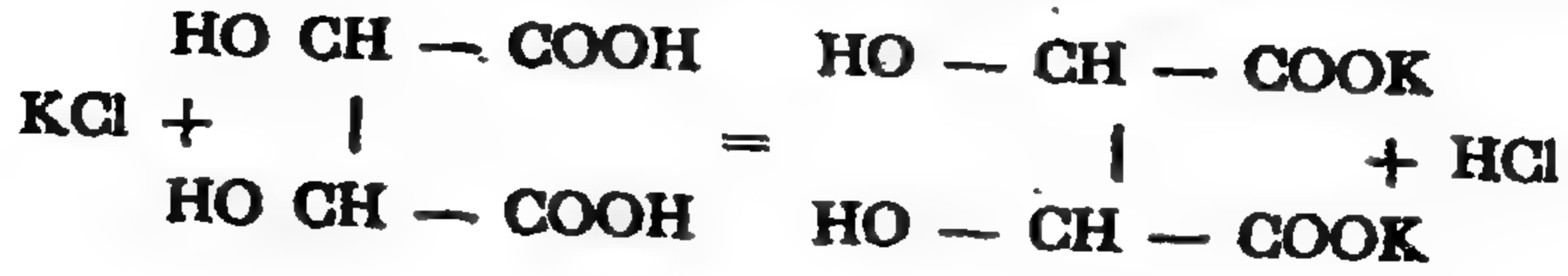
تجرى التجارب التالية على محلول ملح البوتاسيوم المعطى لك ( كلوريد البوتاسيوم مثلاً ) :

#### ١ - محلول حمض الطرطريك :

راسب أبيض متبلر من طرطرات البوتاسيوم الحمضية من المحاليل المركزة ويساعد



الرج الشديد أو حك الجدار الداخلي للأنبوبة على تكوين الراسب.



يجب مراعاة أن أملاح الأمونيوم تعطي نتائج مشابهة .

## ٢ - محلول كوبلتى نترت الصوديوم :

راسب أبيض من كوبلتى نترت البوتاسيوم لا يذوب في حمض الخليك .



ويحضر محلول التفاعل بإضافة بضع بلورات من نترت الصوديوم إلى محلول نترات الكوبلت المحمض بـحمض الخليك مع الرج الشديد . ويجب مراعاة أن أملاح الأمونيوم تعطي نتائج مشابهة .

## ٣ - اختبار كازنوت :

يحضر مخلوط من نقطة محلول نترات البزموت المخفف وتقطعتين أو ثلاث قط من محلول ثيوكبريتات الصوديوم وحوالي ١٠ سم<sup>٢</sup> من الكحول الأيثيل ( إذا ظهر أى تعكير في المحلول أضف نقطة من الماء بملر ) أضف هذا المخلوط إلى ملح البوتاسيوم المتعادل . لاحظ تكون راسب أصفر من ثيوكبريتات البوتاسيوم  $\text{K}_3[\text{Bi}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]$

## ٢ - اختبار الذهب :

لون بنفسجي .

## الصوديوم

Sodium Na

تجرى التجارب التالية على محلول ملح الصوديوم المعطى لك (كلوريد الصوديوم مثلاً) .

## ١ - محلول أنتيمونات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين :

راسب أبيض من أنتيمونات الصوديوم ثنائي الهيدروجين من المحاليل المتعادلة أو القلوية الضعيفة نظراً لتكوين راسب أبيض من حمض الأنتيمونيك من المحاليل الحامضية .



#### ٤ - اختبار الذهب :

لون أصفر ذهبي .

الجدول العام للكشف عن الشق القاعدي للملح بسيط :

تحضير محلول من الملح المراد الكشف عنه :

لإيجاد المنيب حاول إذابة قليل من الملح في للمنيات التالية حسب الترتيب أولاً على البارد ثم على الساخن .

١ - الماء .

٢ - حمض الهيدروكلوريك المخفف .

٣ - حمض الهيدروكلوريك المركز .

٤ - حمض النتريك المخفف .

٥ - حمض النتريك المركز .

٦ - الماء الملكي .

بعد تحليل المنيب المناسب يذاب قدر كاف من الملح في كمية مناسبة من المنيب ويستعمل المحلول الناتج للكشف عن الشق القاعدي كما سبرد فيما بعد .

أما إذا كان الملح لا يذوب في أي من المنيات السابقة نسخن مقداراً من الملح الجاف مع كربونات الصوديوم في وجود قليل من الماء ثم يعالج ويرشح . يذاب الراسب الناتج في حمض النتريك المخفف ويستعمل المحلول الناتج للكشف عن الشق القاعدي .

#### ملاحظات :

١ - إذا ذاب الملح في حمض الهيدروكلوريك المخفف البارد فهذا يعني أن فلزات المجموعة الأولى ( الفضة والرصاص والزنك ) غير موجودة .

٢ - عند استعمال حمض الهيدروكلوريك المخفف الساخن لإذابة الملح يجب تبريد المحلول للتأكد من وجود أو عدم وجود الرصاص لأن كلوريد الرصاص يذوب في الماء الساخن ويتسبب بالتبريد .

٣ - في حالة ذوبان الملح في حمض الهيدروكلوريك المركز يجب تبخير المحلول ثم تخفيفه

لأن بعض الكبريتيدات - مثل كبريتيد الكادميوم - لا ترسب في الوسط الحمضي القوي :  
ومن الضروري إجراء عملية التخفيف بواسطة حمض الهيدروكلوريك المخفف وذلك لأن بعض  
الفلزات مثل البزموت والأنتيمون تعطي راسب من الملح القاعدي عند التخفيف بالماء :

٤ - إذا ذاب الملح في حمض النتريك أو الماء الملكي يجب تبخير المحلول إلى قرب الجفاف  
ثم إضافة حمض الهيدروكلوريك المركز والتبخير إلى حجم صغير وذلك للتخلص من النترات :  
وبعد ذلك يخفف المتبقى بحمض الهيدروكلوريك المخفف ( لنفس الأسباب السابقة ) . والهدف  
من هذه العملية هو التخلص من النترات ( تتحول إلى كاوريدات ) وذلك لأن وجود النترات  
قد يتسبب في أكسدة كبريتيد الهيدروجين وترسيب الكبريت مما يعرقل ظهور لون الراسب  
المتكون بوضوح .

٥ - قد يؤدي إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى ظهور عائق أبيض من الكبريت  
لا يذوب في زيادة من الحمض حتى بعد الغليان . وهذا الراسب يرجع إلى وجود شق الثيوكبريتات .  
وللتخلص من هذا نعالق بهلى المحلول مع بضع قصاصات من ورق الترشيح ثم يرشح المحلول  
ويستخدم الراشح للكشف عن الشق القاعدي .

### طريقة الكشف عن الشق القاعدي :

يجرى الكشف عن كل مجموعة بواسطة كاشف المجموعة . ويجب الكشف عن المجموع  
الست حسب الترتيب المذكور . وعند الكشف عن أى مجموعة يجب التأكد من استبعاد وجود  
أى من المجموع التي تسبقها كما يجب اتباع التعليمات بدقة لضمان الحصول على نتائج صحيحة .  
وفي كثير من الحالات يمكن التعرف على الشق القاعدي من خواص الراسب المتكونة مع كاشف  
المجموعة ( كاللون والذوبان وما إلى ذلك ) وعلى الطالب أن يدون ملاحظاته واستنتاجه أولاً بأول  
وأن يدعم الاستنتاجات بالتجارب التأكيدية اللازمة .  
تتلخص طريقة الكشف في الخطوات التالية .

### ١ - تسجيل الخواص الطبيعية :

كاللون والشكل البلوري والذوبان في الماء وتأثير المحلول المائي على عباد الشمس .

### ٢ - الكشف عن الأمونيوم :

بالرغم من أن الأمونيوم يقع في المجموعة السادسة طبقاً للتقسيم السابق إلا أنه من المستحسن  
الكشف عنها أولاً لتبسيط طريقة الكشف .

أضف قليلا من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى الملح الصلب ثم سخن ولاحظ تصاعد أبخرة النشادر التي يمكن تمييزها بسهولة في حالة وجود الأمونيوم . وللتأكد من وجود الأمونيوم يجب إجراء التجارب التأكدية اللازمة ( صفحة ٨٣ ) .

### ٣ - تحضير محلول الملح :

يحضر محلول الملح كما ذكر سابقاً مع مراعاة الملاحظات السابقة .

### ٤ - المجموعة الأولى :

أضف حوالي ٢ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى بضع مستحضرات من محلول الملح إذا ظهر راسب أبيض لا يذوب في الزيادة من الحمض - دل ذلك على وجود أحد فلزات المجموعة الأولى ( الفضة - الرصاص - الزئبقوز ) . ويمكن التفرقة بينهم كما يلي :

الملاحظة	الامتتاج	التجارب التأكدية
راسب أبيض يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم ويتحول الراسب إلى اللون البنفسجي عند تعريضه للضوء .	الفضة	صفحة ٥٢
راسب أبيض يتحول إلى الأسود بإضافة هيدروكسيد الأمونيوم .	الزئبقوز	صفحة ٥٥
راسب أبيض يذوب في الماء الساخن ويترسب بالتبريد .	الرصاص	صفحة ٥٤

### ٥ - المجموعة الثانية :

إذا لم يتكون راسب عند إضافة حمض الهيدروكلوريك مرور غاز كبريتيد الهيدروجين في نفس المحلول بعد تدفئته . إذا ظهر راسب دل ذلك على وجود أحد فلزات المجموعة الثانية . يرشح المحلول ويفصل الراسب المتخلف بمحلول كبريتيد الهيدروجين في الماء . لاحظ لون الراسب وقابلية ذوبانه في كل من الأحماض ومحلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر . يمكن الاستدلال على الفلز كما يلي .

المشاهدة	ذوبان الراسب	الاستنتاج	التجارب التأكدية
راسب أسود يذوب في حمض النتريك المركز	الأمونيوم الأصفر يذوب في محلول كبريتيد	نحاس أو رصاص <sup>(١)</sup>	صفحة ٥٧ أو ٥٤
راسب أصفر		كاديوم	صفحة ٥٩
راسب بني مائل إلى السواد		بزموت	صفحة ٥٩
راسب أسود لا يذوب في حمض النتريك المركز		زئبق	صفحة ٦٠
راسب أصفر لا يذوب في حمض الهيدروكلوريك المركز	الأمونيوم الأصفر يذوب في محلول كبريتيد	زئبق	صفحة ٦١
راسب برتقالي يذوب في حمض الهيدروكلوريك المركز		أنثيمون	صفحة ٦٤
راسب بني مائل إلى الأصفر		قصدير	صفحة ٦٥

## ٦ - المجموعة الثالثة :

إذا لم يتكون راسب مع كبريتيد الهيدروجين في التجربة السابقة دل ذلك على أن الشق التفاعلي ليس من فلزات المجموعة الثانية<sup>(٢)</sup> .

أضف إلى جزء جديد من محلول الملح بضع قطرات من حمض النتريك المركز وسخن حتى انغليان لأكسدة الحديدوز - إن وجد - إلى حديديك وذلك لأن هيدروكسيد الحديدوز لا يترسب ترسيباً تاماً بواسطة هيدروكسيد الأمونيوم . برد المحلول ثم أضف كمية زائدة من محلول كلوريد الأمونيوم ثم هيدروكسيد الأمونيوم نقطة نقطة حتى يصبح المحلول قلوياً ( اكشف بواسطة عباد الشمس ) أغلى المحلول فإذا ظهر راسب دل ذلك على وجود أحد فلزات المجموعة الثالثة<sup>(٣)</sup> .

(١) أحياناً يصبب فصل الرصاص ضمن فلزات المجموعة الأولى وفي هذه الحالة يترسب على هيئة راسب أسود ضمن فلزات المجموعة الثانية وكثيراً ما يخالط بينه وبين النحاس ولذا يجب مراعاة ذلك .

(٢) فلزات المجموعة ٢ ١ .

(٣) فلزات المجموعة ٢ ب .



المشاهدة	الاستنتاج	التجارب التأكيديّة
راسب بني مائل للاحمرار	حديدك	صفحة ٦٩
راسب أخضر	كروم	صفحة ٧٢
راسب أبيض هلامي	ألومنيوم	صفحة ٧١

#### ٧ - المجموعة الرابعة :

إذا لم يتكون أى راسب في المجموعة الثالثة مرر غاز كبريتيد الهيدروجين في نفس المحلول فإذا تكون راسب دل ذلك على وجود أى فلزات المجموعة الرابعة<sup>(١)</sup> :

المشاهدة	الاستنتاج	التجارب التأكيديّة
راسب أبيض	خارصين	صفحة ٧٤
راسب بني باهت ( لون اللحم )	منجنيز	صفحة ٧٥
راسب أسود	نيكل أو كوبلت	صفحة ٧٧ أو ٧٨

#### ٨ - المجموعة الخامسة :

إذا لم يتكون راسب في المجموعة الرابعة . خذ حوالي ٤ سم<sup>٣</sup> من محلول الملح وأضف إليهم حوالي ٤ سم<sup>٣</sup> من محلول كلوريد الأمونيوم ثم أضف هيدروكسيد الأمونيوم قطرة قطرة حتى يصبح المحلول قلوياً . أضف بعد ذلك زيادة من محلول كربونات الأمونيوم وسخن . فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود أحد فلزات المجموعة الخامسة ( باريوم - أسترانشيوم أو كالسيوم ) ويمكن التمييز بينهم بإضافة محلول كبريتات الكالسيوم إلى المحلول الأصلي<sup>(٢)</sup> .

( ١ ) يجب إضافة زيادة من محلول كلوريد الأمونيوم قبل إضافة هيدروكسيد الأمونيوم وذلك لمنع ترسيب هيدروكسيدات فلزات المجموعات الرابعة والخامسة والمغنسيوم .

( ٢ ) اكشف عن وجود الحديدوز في جزء من المحلول الأصلي بأحدى الاختبارات الخاصة بالحديدوز « صفحة ٦٨ » .

المشاهدة	الاستنتاج	التجارب التأكدية
راسب أبيض في الحال	باريوم	صفحة ٧٩
راسب أبيض بعد فترة من الوقت أو بالتسخين	أمترانشيوم	صفحة ٨٠
لا يتكون راسب :	كالسيوم	صفحة ٨١

#### ٩ - المجموعة السادسة :

إذا لم يمكن حصر الشق القاعدي للملح في المجموعات الخمس السابقة فيحتمل أن يكون إحدى عناصر المجموعة السادسة التي يمكن الكشف عنها كما يلي :

#### الأمونيوم :

ويجرى الكشف عنه قبل الكشف عن المجموعة الأولى كما ذكر سابقاً :

#### المغنسيوم :

أضف زيادة من محلول كلوريد الأمونيوم إلى محلول الملح ثم أضف هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصبح المحلول قلويًا ثم أضف بعد ذلك محلول فوسفات الصوديوم فإذا ظهر راسب أبيض دل ذلك على وجود المغنسيوم (التجارب التأكدية صفحة ٨٤) . إذا لم يحدث راسب مع فوسفات الصوديوم فإن الملح إما أن يكون بوتاسيوم أو صوديوم .

#### البوتاسيوم :

أضف إلى محلول الملح الأصلي قليلاً من محلول كوبلتي نثريت الصوديوم فإذا تكون راسب أصفر دل ذلك على وجود البوتاسيوم (التجارب التأكدية صفحة ٨٤) . إذا لم يتكون راسب كان الملح صوديوم .

#### الصوديوم :

يجرى اختبار اللهب<sup>(١)</sup> .

(١) يعتمد التمييز بين هذه الفلزات على اختبار اللهب لحد كبير نظراً لتباين الألوان المميزة لكل منهم .

**الكشف عن ملح بسيط مجهول :**  
تتلخص طريقة الكشف في خطوتين :

**الأولى :**

الكشف عن الشق الحمضي كما ذكر في الباب الثاني .

**الثانية :**

الكشف عن الشق القاعلي كما هو مشروح في هذا الباب .

ومن ثم يمكن تحديد الملح المجهول بعد التعرف على شقيه ، فمثلا إذا أكتت التجارب أن الشق الحمضي للملح هو كلوريد والشق القاعلي هو صوديوم إذا يمكن تسمية الملح المجهول كلوريد الصوديوم :

## الباب الرابع

### الكشف عن الشق الحمضي في المحاليل والمخاليط

#### أولاً : في المحاليل

يعتمد الكشف على الشق الحمضي للأملاح البسيطة على تأثير الأحماض في الملح الصلب نفسه حيث تنقسم الأملاح إلى ثلاثة مجاميع طبقاً لحساسيتها للأحماض كما ذكر من قبل في الباب الأول :

أما في حالة وجود الملح على هيئة محلول فإنه لا يمكن الاعتماد على التقسيم السابق : وذلك لأن أغلب الأحماض لا تؤثر في الملح إلا وهي مركزة هذا علاوة على أن تبخير المحلول للحصول على الملح الصلب قد يؤثر في الشق الحمضي ( بعض الشقوق الحمضية تتأثر بالتسخين كاليكربونات والكبريتينات والنترينات . . إلخ ) :

ولذا يجب اتباع طريقة أخرى للكشف عن الشق الحمضي في المحاليل، وهذه الطريقة تعتمد على ما يتكون من رواسب وألوان مميزة مع بعض الكواشف مثل نترات الفضة وكلوريد الباريوم .

#### جدول الكشف عن الشق الحمضي في المحاليل

أضف بضع قطرات من محلول نترات الفضة إلى قليل من المحلول<sup>(١)</sup> سجل ما يحدث ولاحظ فوبان الراسب المتكون في حمض النريك المخفف وفي حمض الخليك .

---

( ١ ) يجب أن يكون المحلول متعادلاً . فإذا كان المحلول حمضياً ينحصر محلول متعادل بإضافة هيدروكسيد الأمونيوم قطرة قطرة حتى يصبح المحلول قلويّاً ( اكشف بواسطة عباد الشمس ) ثم يغل المحلول لطرده الزيادة من النشادر .

الاستنتاج (١)	ذوبان الراسب	المشاهدة	
كلوريد	الجليك الخفيف لا يذوب في الساخن أو حمض النريك	راسب أبيض متجمع يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم ويتحول إلى راسب بنفسجي عند تعريضه للضوء .	١ -
بروميد		راسب أصفر باهت يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم المركز .	٢ -
يوديد		راسب أصفر لا يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم المخفف أو المركز .	٣ -
كبريتيت	الجليك ولكن لا يذوب في حمض النريك	راسب أبيض يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم ويتحول بالغليان إلى فلز الفضة الأسود .	٤ -
ثيو كبريتات		راسب أبيض يتحول سريعاً إلى الأصفر فالبنى ثم الأسود وذلك لتكوين كبريتيد الفضة راسب أسود .	٥ -
كبريتيد		راسب أصفر يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم	٦ -
فوسفات		راسب بني كالثيوكولاتة يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم .	٧ -
زرنيكات			٨ -
كربونات	الجليك الخفيف وفي حمض النريك	راسب أبيض يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم وفي الأحماض مع حدوث فوران وتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون ويتحول الراسب إلى اللون البني بالتسخين .	٩ -
بيكروونات		راسب أبيض بعد التسخين يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم ويحدث فوران مع الأحماض .	١٠ -
بورات		راسب أبيض يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم ويتحول إلى اللون البني بالتسخين .	١١ -
نريت		راسب أبيض ( من المحاليل المركزة ) (٢) يذوب في زيادة من الماء الساخن	١٢ -

( ١ ) يجب تدعيم الاستنتاج بالتجارب التأكيدية اللازمة ( انظر الباب الثاني ) .

( ٢ ) يمكن تركيز المحلول بتبخيره إلى ثلث حجمه .



إذا لم يتكون راسب فإن الملح قد يكون نترات أو كبريتات<sup>(١)</sup> ويمكن التمييز بينهما بواسطة اختبار الحلقة السمراء ومحلول كلوريد الباريوم :

## ثانياً : في المخاليط

الكشف عن أكثر من شق حمضى واحد ليس بالأمر الصعب . ولا يوجد جدول عام لإجراء مثل هذا الكشف غير أنه من الممكن الاستعانة بالجدول التالى للكشف عن الشقوق الحمضية في المخاليط<sup>(٢)</sup> .

ويجب ملاحظة أن بعض الشقوق الحمضية تتداخل معاً أو تخفى بعضها البعض وسوف تناقش بعض الحالات الشائعة فيما بعد) :

## جدول الكشف عن الشق الحمضى في المخاليط

تعتمد طريقة الكشف عن أكثر من شق حمضى واحد في مخلوط على تفاعلات المخاليل ولهذا فإنه في حالة وجود الخليط على هيئة محلول تجرى التجارب عليه مباشرة أما في حالة وجود الخليط على هيئة مادة صلبة فيجب أولاً تحضير محلول منه كما يلي :

### تحضير محلول من المخلوط :

يحضر محلول المخلوط بغلى المادة الصلبة مع محلول مركز من كربونات الصوديوم حيث ترسب الفلزات على هيئة كربونات غير ذائبة بينما تظل الشقوق الحمضية في المحلول على هيئة أملاح الصوديوم فمثلاً :



( حيث M ترمز إلى أى فلز )

يرشح المحلول بعد ذلك ويغلى الجزء الأكبر من الراشح مع قليل من حمض النريك المخفف

---

( ١ ) قد تعلى الكبريتات راسب أبيض مع محلول نترات الفضة إذا كان المحلول مركزاً  
( ٢ ) لقد روى عند وضع جدول الكشف عن الشقوق الحمضية في المخاليط استبعاد الشقوق غير الشائعة لتبسيط طرق الكشف .

وذلك للتخلص من الكربونات الزائدة . ( أما الجزء الأصفر من الراشح فيحفظ به للكشف عن النترات بواسطة الحلقة السمراء حيث يتخلص من الكربونات الزائدة في هذه الحالة بإضافة حمض الهيدروكلوريك ) .

يقسم المحلول الناتج إلى خمسة أجزاء ويكشف على كل جزء على حدة <sup>(١)</sup> كما يلي :

١ - عادل الجزء الأول من المحلول بواسطة محلول النشادر ثم أضف محلول نترات الفضة ولاحظ ما يحدث .

المشاهدة	الاستنتاج
لا يتكون راسب	يحتمل وجود أحد أو جميع الشقوق الحمضية الآتية : نترات - بورات - كبريتات - كلورات - نترت :
راسب أبيض	قد يدل على وجود كلوريد
راسب كريمي	بروميد
راسب أصفر	يوديد
راسب بني ( كالشيكولاتة )	زرنيخات
راسب أبيض سريعاً ما يتحول إلى البني ثم الأسود	ثيو كبريتات

٢ - أضف زيادة من حمض النريك المخفف ثم محلول نترات الفضة ( إلى الجزء الثاني من المحلول ) .

المشاهدة	الاستنتاج
راسب أبيض يذوب بسهولة في محلول النشادر	كلوريد
راسب كريمي يذوب بقلّة في محلول النشادر	بروميد
راسب أصفر لا يذوب في محلول النشادر.	يوديد

٣ - أضف حمض الهيدروكلوريك ثم محلول كلوريد الباريوم ( إلى الجزء الثالث ) .

( ١ ) من الضروري مراعاة أن التجارب الخمس التالية مكتملة بعضها ولذا يجب إجراء كل التجارب قبل استنباط الاستنتاج النهائي وفي حالة تعارض بعض الشقوق الحمضية مع بعضها يجب الرجوع إلى الحالات الخاصة المذكورة فيما بعد .

المشاهدة	الاستنتاج
راسب أبيض	كبريتات

٤ - أضف محلول النشادر إلى الجزء الرابع من المحلول حتى يصبح قلوياً<sup>(١)</sup> ثم أضف محلول كلوريد الكالسيوم .

المشاهدة	الاستنتاج
راسب أبيض يذوب في حمض الخليك .	فوسفات - بورات - زرنيكات

٥ - عادل الجزء الخامس من المحلول بواسطة محلول النشادر ثم أضف محلول كلوريد الحديد المتعادل .

المشاهدة	الاستنتاج
راسب أصفر باهت	فوسفات - زرنيكات

أجرى اختبار الحلقة السمرء على الجزء المتبقى من المحلول الأصلي ( الجزء الأصفر من الراشح ) بعد إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف للتخلص من الكربونات الزائدة للكشف عن النترات .

بالرغم من أن التفاعلات السابقة تكفي للتعرف على الشقوق الحمضية في المخاليط إلا أنه في بعض الحالات قد تتداخل الشقوق الحمضية مع بعضها مما يصعب معه التمييز بينهم . وفيما يلي بعض الحالات الشائعة وطريقة الكشف في كل حالة .

### ١ - النترات والنترت :

النترت : يمكن الكشف عن النترت بسهولة بواسطة حمض الهيدروكلوريك حتى في وجود زيادة من النترات .

أضف قليلاً من حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى كمية من المخلوط الصلب ، فإذا تصاعدت أبخرة بنية على البارد ( فوق أكسيد النروجين ) دل ذلك على وجود النترت في المخلوط .

( ١ ) قد يتكون راسب هيدروكسيدات الفلزات التي لم يتم استبعادها بواسطة كربونات الصوديوم .  
رشح عند الضرورة وأهمل الراسب .

مبادئ الكيمياء العملية

النترات : يجب التخلص من شق النترت قبل الكشف عن النترات نظراً لتعارض الاختبارات المميزة لكل منهما . ويمكن التخلص من النترت بواسطة غلي المحلول مع زيادة من اليوريا وحمض الكبريتيك المخفف .



وبعد التخلص من النترت يكشف عن النترات بواسطة اختبار الحلقة السمراء

## ٢ - النترات والبروميدات :

عند وجود البروميد في المخلوط فإنه يجب فصله قبل إجراء اختبار الحلقة السمراء . ويجرى فصل البروميد في هذه الحالة بإضافة زيادة من محلول من كبريتات الفضة إلى محلول المخلوط حيث يرسب بروميد الفضة . رشح ثم اكشف عن النترات في الراشح ( اختبار الحلقة السمراء ) .

## ٣ - الكربونات والكبريتيت :

عند معاملة خليط من الكربونات والكبريتيت بحمض مخفف مثل حمض الهيدروكلوريك المخفف فإنه يتصاعد خليط غازي من ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت . وعند إمرار خليط الغازات في ماء الجير فإن كبريتيت الكالسيوم يرسب مع كربونات الكالسيوم<sup>١٢</sup> ( نظراً لأنه شحيح الذوبان كذلك ) ولذا يجب إمرار خليط الغازات في أنبوبة امتصاص تحتوي على محلول بيكرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المخفف ثم يمر الغاز الخارج من<sup>١٣</sup> أنبوبة الامتصاص في ماء الجير . وبهذه الطريقة يمكن فصل ثاني أكسيد الكبريت حيث يتحد مع بيكرومات البوتاسيوم ( يرتقي اللون ) مختزلاً إياها إلى كبريتات الكروميك ( خضراء اللون ) .

## ٤ - الكبريتات والثيوكبريتات والكبريتات :

تعتمد طريقة فصل هذه الشقوق الثلاثة على قابلية ثيوكبريتات الباريوم للذوبان بخلاف كبريتيت الباريوم وكبريتات الباريوم .

أضف زيادة من محلول نترات الباريوم إلى المخلوط ثم رشح

أولاً - الراشح : اكشف عن وجود الثيوكبريتات في الراشح كما يلي :

( ١ ) عالج جزء من الراشح بحمض الهيدروكلوريك المخفف فإذا تصاعد غاز ثاني

أكسيد الكبريت<sup>١٤</sup> مع تكوين راسب أبيض مائل الأصفر دل ذلك على الثيوكبريتات .

( ١ ) بخضروقة مبللة بمحلول بيكرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك المخفف .

( ب ) عالج جزء آخر من الراشح بمحلول نترات الفضة فإذا تكون راسب أبيض يتحول سريعاً إلى البنى ثم الأسود دل ذلك على وجود الثيوكبريتات .

ثانياً - الراسب : قد يحتوى على كبريتيت الباريوم وكبريتات الباريوم ويمكن فصلها بواسطة حمض الهيدروكلوريك المخفف نظراً لذوبان كبريتيت الباريوم في الحمض .  
يفصل الراسب ثم يعالج بزيادة من حمض الهيدروكلوريك المخفف مع التسخين فإذا تصاعد غاز ثاني أكسيد الكبريت دل ذلك على وجود الكبريتيت أما الراسب المتخلف فإنه يدل على وجود الكبريتات .

#### ٥ - الكبريتيد والكبريتيت والثيوكبريتات والكبريتات :

عند معاملة هذا الخليط بـ حمض الهيدروكلوريك المخفف يتصاعد خليط من غاز كبريتيد الهيدروجين ( من الكبريتيد ) وغاز ثاني أكسيد الكبريت ( من الكبريتيت والثيوكبريتات ) ولكن هذان الغازان يتفاعلان معاً وينفصل الكبريت : ولذا يجب فصل الكبريتيد أولاً . ويمكن فصل الكبريتيد على هيئة كبريتيد الكادميوم غير الذائبة كما يلي :

رج محلول الخليط مع زيادة من كربونات الكادميوم ثم رشح .

أولاً - الراسب : ويتكون من كبريتيد الكادميوم والزيادة من كربونات الكادميوم . ويعالج الراسب بزيادة من حمض الخليك المخفف للتخلص من الكربونات الزائدة فإذا تبقى راسب أصفر دل ذلك على وجود الكبريتيد .

ثانياً - الراشح : قد يحتوى على الكبريتيت والثيوكبريتات والكبريتات ويمكن فصلهم كما هو مبين في الحالة السابقة ( ٤ ) .

#### ٦ - الكلوريد والبروميد واليوديد :

يمكن الكشف عن اليوديد بسهولة ( حتى في وجود الكلوريد والبروميد ) بواسطة أبخرة اليود البنفسجية التي تتصاعد عند معاملة الخليط بـ حمض الكبريتيك المركز وهذا بدوره سوف يعوق الكشف عن الكلوريد والبروميد . وبالمثل في غياب اليوديد فإن البروميد سوف يعوق الكشف عن الكلوريد . ولذا يجب اتباع الطريقة التالية للكشف عن هذه الشقوق في مخلوط منها :

١ - أضف زيادة من محلول كبريتات النحاس إلى محلول المخلوط المتعادل أو الحمض قليلاً ثم شبع المحلول بثاني أكسيد الكبريت حيث يرسب يوديد النحاسوز .



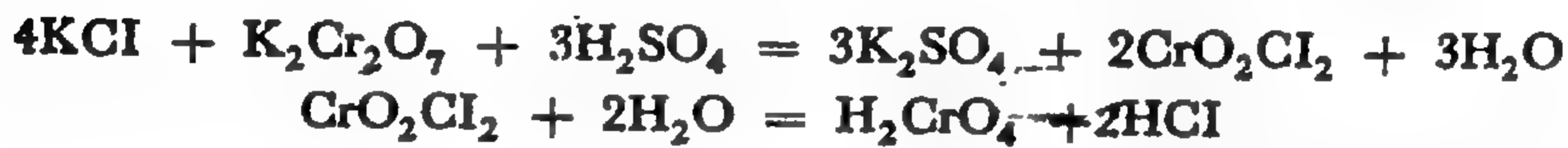
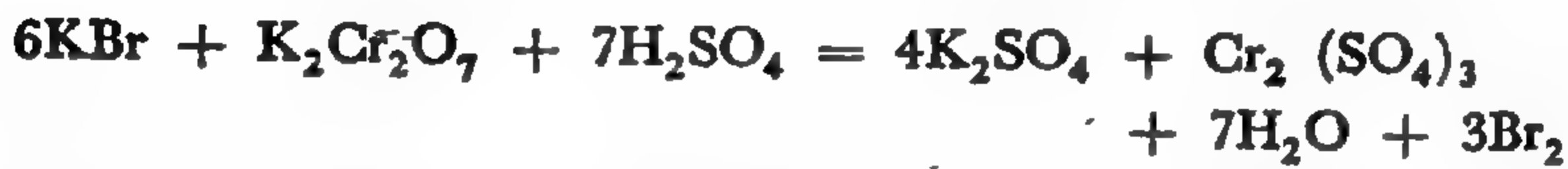


ولابد من التأكد من وجود زيادة من كبريتات النحاس ( يتلون المحلول باللون الأزرق ) لإتمام فصل اليوديد . رشح . يمكن التأكد من وجود اليوديد بمعاملة الراسب بحمض الكبريتيك المركز .

٢ - يعالج الراشح بزيادة من محلول هيدروكسيد الصوديوم حيث يرسب النحاس على هيئة أكسيد النحاس المائي أعلى المحلول ثم رشح وأهمل الراسب .

٣ - يبخر الراشح حتى الجفاف ثم تسحق المادة الصلبة المتخلفة جداً . يقطر المسحوق الناتج مع مسحوق بيكرومات البوتاسيوم وقليل من حمض الكبريتيك المركز في معوجة تقطير وتمرر الأبخرة المتصاعدة في الماء البارد .

في حالة وجود البروميد فإنه يتأكسد إلى البروم الذي يتطاير ويدوب في الماء أما الكلور فإنه يتحول إلى كلوريد الكروميل  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  على هيئة أبخرة حمراء تشبه البروم ولكنها تتحلل في الماء إلى حمض كروميك  $\text{H}_2\text{CrO}_4$



يقسم المحلول المائي الناتج إلى قسمين :

( أ ) برج القسم الأول مع قليل من الكلوروفوم ( أو رابع كلوريد الكربون أو البترول ) حيث يستخلص المذيب العضوي البروم الذائب ويتلون باللون الأحمر الداكن دلالة على وجود البروميد .

( ب ) أضف قليلاً من فوق أكسيد الهيدروجين إلى الجزء الثاني ثم رج مع قليل من الأثير . فإذا تلونت طبقة الأثير باللون الأزرق دل ذلك على وجود الكرومات وهذا بدوره يدل على وجود الكلوريد في المخلول الأصلي .

### الكشف عن سائل غير عضوي بسيط

إذا كان لديك سائل غير عضوي مجهول فقد يكون إما :

ماء نقي .

محلول حمض حر في الماء .

محلول قاعدة في الماء .

محلول ملح في الماء .

ويمكن التمييز بينهم بدراسة الخواص الطبيعية والكيميائية للسائل . يجب ملاحظة الخواص

الطبيعية التالية لأهميتها في المساعدة على التعرف على السائل المجهول :

### ١ - اللون والرائحة :

كالنشادر وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت وما إلى ذلك :

### ٢ - تأثير السائل على عباد الشمس الأحمر والأزرق :

### ٣ - تأثير الحرارة :

بخز جزء صغير من السائل في جفنة على حمام مائي ولاحظ لون ورائحة الأبخرة المتصاعدة والمادة الصلبة المتخلفة إن وجدت .

### أولا - إذا كان السائل ذو تأثير حمضي على عباد الشمس :

( يحمر عباد الشمس الأزرق ) . فإن السائل يكون إما :

١ - محلول حمض حر .

٢ - محلول ملح حمضي مثل بيكربونات الصوديوم أو كلوريد الألمونيوم أو كبريتات الألمونيوم وما إلى ذلك .

يمكن التمييز بينهما كما يلي :

### ( أ ) التبخير :

إذا لم تتخلف مادة صلبة بعد التبخير كان السائل حمض حر أما إذا تخلفت مادة صلبة بعد التبخير كان السائل محلولاً للملح حمضي .

### ( ب ) كربونات الصوديوم :

إذا حدث فوران دل ذلك على أن السائل حمض حر - أما إذا لم يحدث فوران دل ذلك على أن السائل محلول ملح حمضي ( في بعض الأحيان تعطى محاليل الأملاح الحمضية هذا الاختبار ) .

( ح ) في كلتا الحالتين اكشف عن الشق الحمضي للحمض الحر أو الملح الحمضي كما هو موضح في الجدول صفحة ٩٧ .

( د ) اكشف عن الشق القاعدي للملح الحمضي كما في حالة الأملاح الصلبة صفحة ٨٧ .

**ثانياً — إذا كان السائل ذو تأثير قلوى على عباد الشمس :**

( يزرق. عباد الشمس الأحمر ) فإنه يكون إما :

- ١ — محلول هيدروكسيد حر .
  - ٢ — محلول قاعدى مثل كربونات الصوديوم أو كبريتيد الصوديوم وما إلى ذلك .
- ويمكن التمييز بينهما بواسطة الاختبارات التالية .

**( أ ) محلول نترات الفضة :**

راسب أسود مع الهيدروكسيدات<sup>(١)</sup> .

**( ب ) محلول كبريتات النحاس :**

راسب أزرق مع الهيدروكسيدات فقط .

**( ج ) محلول كلوريد الزئبقيل :-**

راسب أبيض مع هيدروكسيد الأمونيوم أو راسب بني مائل للاحمرار مع الهيدروكسيدات الأخرى .

**( د ) محلول كلوريد الحديدك :**

راسب أحمر بني مع الهيدروكسيدات فقط .

إذا دلت التجارب السابقة على أن السائل هو محلول هيدروكسيد فيمكن الكشف عن الشق القاعدى كما يلى :

**( أ ) أغلى جزء من السائل :**

إذا تصاعد غاز النشادر كان السائل هيدروكسيد أمونيوم .

**( ب ) محلول مركز من كبريتات الكالسيوم :**

إذا تكون راسب أبيض كان السائل محلول هيدروكسيد الباريوم .

**( ج ) محلول مركز من اكسالات الصوديوم :**

إذا تكون راسب أبيض كان السائل محلول هيدروكسيد الكالسيوم .

---

**( ١ ) الكبريتيدات تعطى راسب أسود من كبريتيد الفضة .**

**( د ) اختبار كازنوت :**

إذا كان راسب أصفر كان السائل هيدروكسيد بوتاسيوم .

**( هـ ) اختبار اللهب :**

ويجرى على المادة الصلبة المتبقية بعد تبخير جزء صغير من السائل ومن اللون الناتج مع اللهب غير المضيء يمكن الاستدلال على الفلز ( انظر ص ١٩ ) .  
أما إذا ثبت أن السائل عبارة عن محلول ملح قاعدي فيمكن الكشف عن شقة الحمضي كما هو موضح بالجدول ص ٩٣ .

أما شقة القاعدي فيكشف عنه كما في حالة الأملاح الصلبة ( صفحة ٨٧ ) :

**ثالثاً - إذا كان السائل ذو تأثير متعادل على عباد الشمس :**

( لا يتغير لون عباد الشمس الأحمر أو الأزرق ) فقد يكون إما :

١ - ماء نقي .

٢ - محلول ملح متعادل مثل كلوريد الصوديوم أو كبريتات البوتاسيوم ويمكن التمييز بينهما بتبخير جزء صغير من السائل وملاحظة الأبخرة المتصاعدة .

فإذا لم تتصاعد أبخرة ذات لون أو رائحة مميزة ولم تتخلف مادة صلبة كان السائل ماء نقا .  
أما إذا تخلفت مادة صلبة كان السائل محلولاً للملح متعادل . وفي هذه الحالة اكشف عن الشق الحمضي للملح المتعادل باستعمال الجدول المين في صفحة ٩٣ ثم اكشف عن شقة القاعدة كما في حالة الأملاح الصلبة ( صفحة ٨٧ ) .

## البَابُ الخَامِسُن

### الكشف عن الشق القاعدى فى المخاليط

تناولنا فى الباب الثالث طريقة الكشف عن الشق القاعدى فى الأملاح البسيطة حيث قسمت الفلزات إلى ست مجموعات تحليلية . وتتوقف طريقة الكشف فى التحليل الكيى على الفرق فى قابلية الفلزات لتكوين مشتقات غير ذائبة (رؤاسب) تحت الظروف المختلفة . ومن الضرورى فى هذه المرحلة دراسة بعض الأسس النظرية المستخدمة فى عمليات الفصل السابقة بالنسبة لأهميتها فى حالة المخاليط .

### أولاً : الأسس النظرية

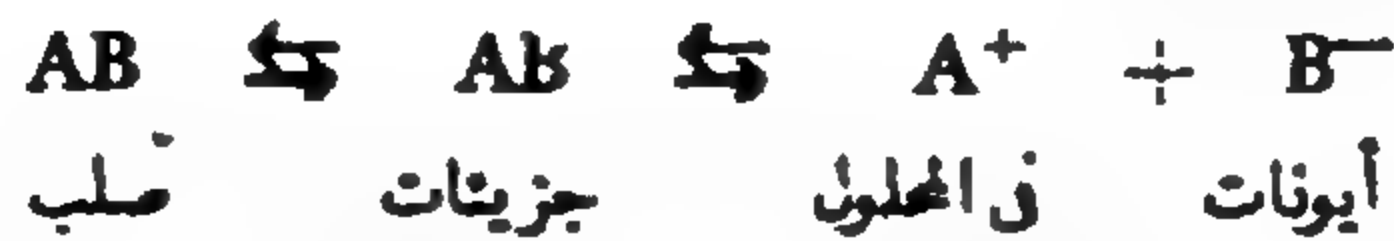
أهم الأسس النظرية المستخدمة فى عمليات فصل الفلزات هى قانون فعل للكتلة وحاصل الإذابة وتأثير الأيون المشترك .

#### المحلول المشبع :

يوصف المحلول بأنه مشبع عند حدوث اتزان بين المادة الذائبة فى المحلول وبين المادة الصلبة غير الذائبة . ويعتمد تركيز المحلول على درجة الحرارة .

#### حاصل الإذابة :

تتأين الأحماض والقواعد والأملاح فى محاليلها . وبتطبيق قانون فعل الكتلة على الإلكتروليتات ضعيفة التأين وحتى المواد التى يطلق عليها لفظ « عديمة الذوبان » فإنه يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة عليها فى محاليلها المخففة .

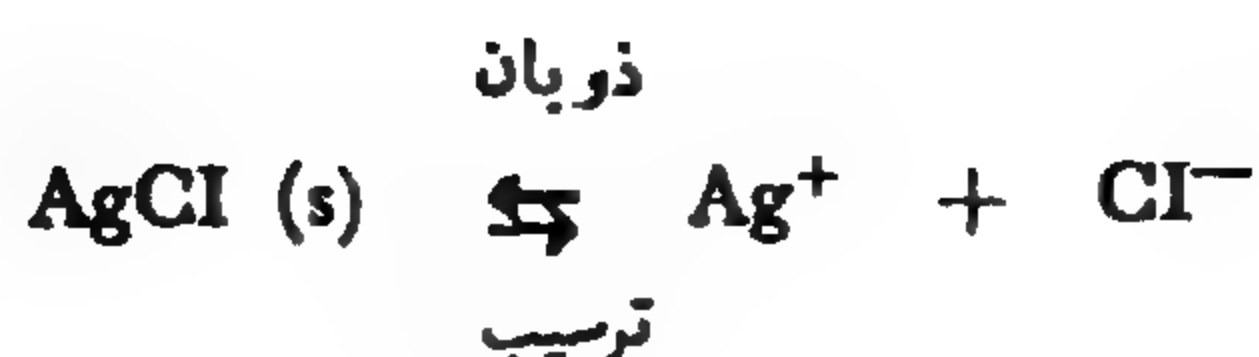


وحيث أن المحلول يكون عادة مخففاً جداً بالنسبة للمادة الذائبة فإن جميع الجزيئات الذائبة تتحول إلى أيونات .

فإذا كان لدينا محلول مشبع من كلوريد الفضة فى حالة اتزان مع بعض البلورات من



كلوريد الفضة كما يلي :



فإنه بتطبيق قانون فعل الكتلة .

$$\frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]} = K$$

حيث  $[\text{Ag}^+]$  ،  $[\text{Cl}^-]$  ،  $[\text{AgCl}]$  تمثل الكتلة الفعالة (الكتلة الفعالة هي عدد الجرامات الجزيئية في اللتر من المحلول) :

نظراً لأن تركيز كلوريد الفضة الصلب يظل ثابتاً فإن المعادلة تصبح

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_c [\text{AgCl}] = K_{sp}$$

ويعرف الثابت  $K_{sp}$  بحاصل الإذابة :

وحاصل الإذابة ذو قيمة ثابتة لا يمكن تجاوزها إلا في حالة المحاليل فوق المشبعة حيث لا توجد بها حالة اتزان بين المحلول والمادة غير الذائبة .

فمثلاً إذا بدأنا بمحلول غير مشبع من المادة AB فإنه يمكن زيادة حاصل الضرب  $[\text{A}^+][\text{B}^-]$  بإذابة قدر آخر من نفس المادة (أو بإضافة مادة أخرى تحتوي على أيون مشترك) . ويستمر المحلول في تقبل هذه الزيادة حتى تصل إلى القيمة المحددة لحاصل إذابة المادة AB فإذا تجاوزنا هذه القيمة تبدأ AB في الترسيب على الفور .

ولقاعدة حاصل الإذابة تطبيقات عديدة في التحليل الكيفي . وفيما يلي حاصل الإذابة لبعض الأملاح الشائعة .

حاصل الإذابة	المركب	
$10^{-10} \times 1,5$	$[Ag^+] [Cl^-]$	كلوريد الفضة
$10^{-10} \times 2,4$	$[Pb^{2+}] [Cl^-]^2$	كلوريد الرصاص
$10^{-10} \times 3,5$	$[Hg_2^{2+}] [Cl^-]^2$	كلوريد الزئبقوز
$10^{-10} \times 4$	$[Hg^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد الزئبقيك
$10^{-10} \times 4,2$	$[Pb^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد الرصاص
$10^{-10} \times 5,-$	$[Cu^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد النحاس
$10^{-10} \times 1,4$	$[Cd^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد الكاديوم
$10^{-10} \times 1,6$	$[Bi^{3+}]^2 [S^{2-}]^3$	كبريتيد البزموت
$10^{-10} \times 8,5$	$[Al^{3+}] [OH^-]^3$	هيدروكسيد الألمنيوم
$10^{-10} \times 2,9$	$[Cr^{3+}] [OH^-]^3$	هيدروكسيد الكروميك
$10^{-10} \times 3,8$	$[Fe^{3+}] [OH^-]^3$	هيدروكسيد الحديديك
$10^{-10} \times 1,3$	$[Mn^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد المنجنيز
$10^{-10} \times 1,2$	$[Zn^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد الزنك
$10^{-10} \times 3$	$[Co^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد الكوبلت
$10^{-10} \times 1,4$	$[Ni^{2+}] [S^{2-}]$	كبريتيد النيكل
$10^{-10} \times 8,1$	$[Ba^{2+}] [CO_3^{2-}]$	كربونات الباريوم
$10^{-10} \times 4,8$	$[Ca^{2+}] [CO_3^{2-}]$	كربونات الكالسيوم
$10^{-10} \times 1,6$	$[Sr^{2+}] [CO_3^{2-}]$	كربونات السترانسيوم
$10^{-10} \times 2,5$	$[Mg^{2+}] [NH_4^+] [PO_4^{3-}]$	فوسفات المغنسيوم الأمونيوم
$10^{-10} \times 9,2$	$[Ba^{2+}] [SO_4^{2-}]$	كبريتات الباريوم
$10^{-10} \times 1,6$	$[Ba^{2+}] [CrO_4^{2-}]$	كرومات الباريوم
$10^{-10} \times 1,6$	$[Ca^{2+}] [C_2O_4^{2-}]$	أكسالات الكالسيوم
$10^{-10} \times 2,8$	$[Sr^{2+}] [SO_4^{2-}]$	كبريتات السترانسيوم
$10^{-10} \times 2,3$	$[Ca^{2+}] [SO_4^{2-}]$	كبريتات الكالسيوم

### المجموعة الأولى :

حمض الهيدروكلوريك حمض قوى يتأين في المحاليل المخففة : فعند إضافة هذا الحمض إلى أى محلول يحتوى على أملاح الفضة والرصاص والزئبقوز ترسب كلوريدات هذه الفلزات نظراً لتجاوز حاصل الإذابة لها . أما كلوريدات الفلزات الأخرى فإنها تذوب بسهولة فيما عدا كلوريد الباريوم الذى قد يترسب في حالة وجود تركيز عال من أيونات الباريوم . ومع هذا فإن كلوريد الباريوم يذوب بسهولة عند تخفيف المحلول .

وقد يعطى البزموت والانتيمون راسب عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف وذلك نظراً لتحلل الكلوريد إلى الملح القاعدي (أوكسى كلوريد) غير الذائب :



وحيث أن هذا التفاعل عكسى فإن الأوكسى كلوريد يذوب بسهولة في زيادة من حمض الهيدروكلوريك :

ويتكون راسب المجموعة الأولى من كلوريدات الرصاص والفضة والزئبقوز وتعتمد طريقة فصل هذه الكلوريدات على الحقائق التالية :

١ - كلوريد الرصاص يذوب في الماء بالغليان بينما لا يذوب كل من كلوريد الفضة وكلوريد الزئبقوز . وبذا يمكن استخلاص كلوريد الرصاص عند معاملة الراسب بالماء المغلى .

٢ - كلوريد الفضة يذوب في هيدروكسيد الأمونيوم نظراً لتكوين المتراكب  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  سهل الذوبان . أما كلوريد الزئبقوز فيتحول إلى راسب أسود عبارة عن خليط من أمينو كلوريد الزئبقيك  $\text{Hg}(\text{NH}_2)\text{Cl}$  والزئبق المجزأ تجزئاً دقيقاً الذى يمكن فصله من متراكب الفضة انذائب بالترشيح .

٣ - عند معاملة هذا الخليط الأسود بالماء الملّكي فإنه يتحول إلى كلوريد الزئبقيك الذائب الذى يمكن الكشف عنه بواسطة كلوريد القصديرورز .

### المجموعة الثانية :

كبريتيد الهيدروجين شحيح الذوبان في الماء ونظراً لأنه حمض ضعيف فإن درجة تأينه ضئيلة .



ويتطبيق قانون فعل الكتلة فإن :

$$\frac{[H^+]^2 [S^{2-}]}{[H_2S]} = \text{Constant} = \text{ثابت}$$

وهذا يعنى أنه فى المحاليل المائية لكبريتيد الهيدروجين توجد حالة اتزان بين الأيونات والجزيئات غير المتأينة ٥

وفى وجود حمض الهيدروكلوريك يزداد تركيز أيونات الهيدروجين مما يتسبب فى إنخفاض درجة تأين كبريتيد الهيدروجين وتبعاً لذلك يقل تركيز أيونات الكبريتيد فى المحلول للحفاظ على حالة الاتزان السابقة .

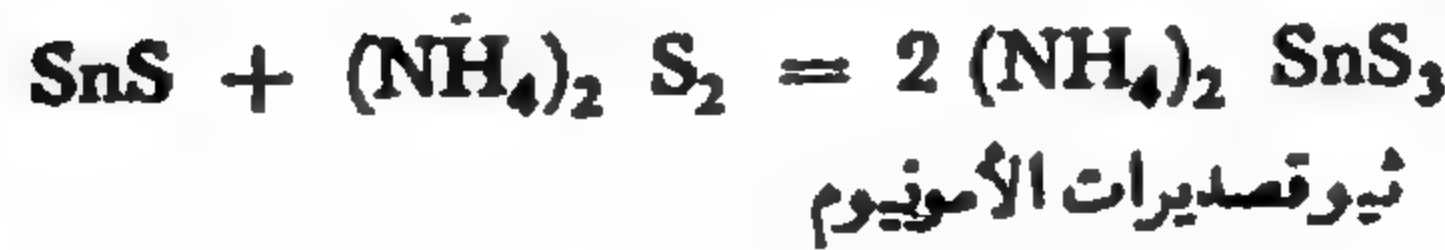
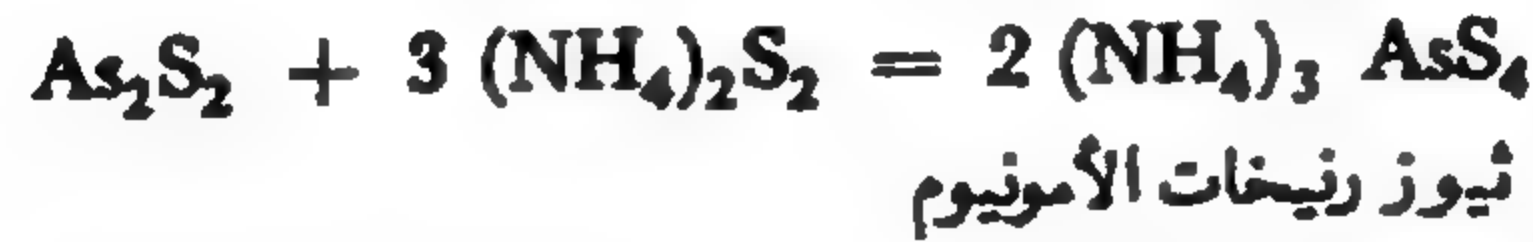
ومع هذا فإن هذا التركيز الضئيل من أيونات الكبريتيد يكفى لترسيب كبريتيدات المجموعة الثانية نظراً لصغر حاصل الإذابة لها ، وبهذه الطريقة يمكن فصل فلزات المجموعة الثانية على هيئة كبريتيدات بواسطة كبريتيد الهيدروجين فى وجود حمض الهيدروكلوريك المخفف . أما كبريتيدات فلزات المجموعة الرابعة ( المنجنيز والحارصين والكوبلت والنيكل ) فإن حاصل الإذابة لها أعلى بكثير من حاصل الإذابة لكبريتيدات المجموعة الثانية ، ولذا فإنه فى وجود حمض الهيدروكلوريك المخفف يصبح تركيز أيونات الكبريتيد غير كاف لترسيب كبريتيدات المجموعة الرابعة .

ويتكون راسب المجموعة الثانية من كبريتيدات كل من الزئبق والرصاص والبيزموث والنحاس والكادميوم والزرنيخ والأنثيمون والقصدير وتنقسم هذه المجموعة فيها إلى مجموعتين .

( أ ) كبريتيدات الزئبق والرصاص<sup>(١)</sup> . والبيزموث والنحاس والكادميوم .

( ب ) كبريتيدات الزرنيخ والأنثيمون والقصدير .

ويقع الاختلاف بينهما فى قابلية الكبريتيدات الثلاث الأخيرة للذوبان فى محلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر حيث تتحول إلى أملاح الثيو الذائبة فمثلاً :



أما كبريتيدات الزئبق والرصاص والبيزموث والنحاس والكادميوم فلا تتأثر . وعلى هذا يمكن فصل المجموعتين أ ، ب بمعاملة راسب المجموعة فلا تتأثر . وعلى هذا يمكن فصل المجموعتين أ ، ب بمعاملة راسب المجموعة الثانية بمحلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر ثم الترشيح .

( ١ ) كثيراً ما يصعب فصل الرصاص فصلاً تاماً فى المجموعة الأولى نظراً لأن كلوريد الرصاص يذوب إلى حد ما فى الماء وفى هذه الحالة يترسب على هيئة كبريتيد مع أفراد المجموعة الثانية .

## المجموعة ٢٢ :

يحتوى الراسب غير الذائب فى محلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر على كبريتيدات الزئبق والرصاص والزنك والنحاس والكاديوم . وتعتمد طريقة فصل هذه الكبريتيدات على الحقائق التالية :

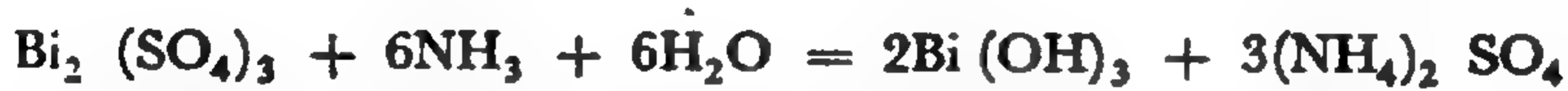
١ - كبريتيد الزئبق لا يتأثر بحمض النريك المخفف بينما تتحول باقى الكبريتيدات إلى نترات ذائبة .



وعلى ذلك يمكن فصل كبريتيد الزئبق من النترات الذائبة بالترشيح .

٢ - يحتوى الراشح الناتج مع حمض النريك على نترات الرصاص والزنك والنحاس والكاديوم ويمكن فصل الرصاص على هيئة كبريتات الرصاص بواسطة حمض الكبريتيك المخفف وذلك لأن كبريتات كل من النحاس والزنك والكاديوم تظل ذائبة فى المحلول ويساعد الكحول على إتمام ترسيب كبريتات الرصاص . كما يجب التبخير مع حمض الكبريتيك حتى تبدأ الأبخرة البيضاء فى التصاعد وذلك للتأكد من استبعاد كل من حمض النريك وحمض الهيدروكلوريك لما لهما من تأثير فى إذابة كبريتات الرصاص المكونة .

٣ - عند إضافة هيدروكسيد الأمونيوم إلى الراشح (الناتج بعد فصل كبريتات الرصاص) يترسب الزنك على هيئة هيدروكسيد الزنك بينما يكون كل من النحاس والكاديوم أملاح متراكبة ذائبة .



أزرق اللون

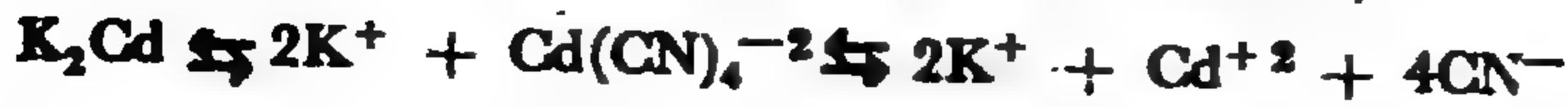


عديم اللون

٤ - يمكن الكشف عن الكاديوم فى وجود النحاس . فعند إضافة محلول سيانيد البوتاسيوم إلى المحلول الأزرق<sup>(١)</sup> (الناتج بعد فصل هيدروكسيد الزنك) حتى يختفى اللون . يكون كل من النحاس والكاديوم سيانيدات متراكبة تتأين كما يلى :

( ١ ) إذا كان المحلول الناتج عديم اللون ( غياب النحاس ) يمكن الكشف عن الكاديوم بواسطة كبريتيد الهيدروجين مباشرة .





وكما هو واضح من المعادلات فإن مركب النحاس مركب ثابت وهذا يعني أن عدد أيونات النحاس الحرة في المحلول صغيرة جداً وعلى ذلك فإنه عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في المحلول فإن كمية أيونات النحاس لا تكفي لترسيب كبريتيد النحاس . أما مركب الكاديوم فإنه أقل ثباتاً ولهذا فإن المحلول يحتوي على قدر مناسب من أيونات الكاديوم يسمح بترسيب كبريتيد الكاديوم عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في المحلول .

### المجموعة ٢ ب :

قد يحتوي الراسب المتكونة عند تخفيض محلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر ( الناتج بعد فصل المجموعة ١٢ ) على كبريتيدات الزرنيخ والأنثيمون والقصدير . وتعتمد طريقة فصل هذه الكبريتيدات على الحقائق التالية :

١ - كبريتيد الزرنيخ لا يتأثر بحمض الهيدروكلوريك المركز بينما يذوب كل من كبريتيد الأنثيمون وكبريتيد القصدير مجرى كلوريدات ذائبة .



وبذا يمكن فصل الزرنيخ .

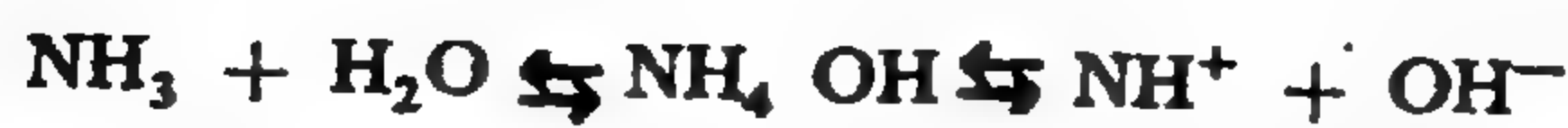
٢ - يمكن فصل الأنثيمون والقصدير بإحدى طريقتين كما يلي :

( أ ) حمض الأكساليك يكون أيونات متراكبة مع كل من الأنثيمون والقصدير ولكن الأيونات الناتجة في حالة الأنثيمون أقل ثباتاً وتتفكك وهذا يؤدي إلى ارتفاع تركيز أيونات الأنثيمون الحرة في المحلول مما يسمح بترسيب كبريتيد الأنثيمون عند إضافة كبريتيد الهيدروجين .

( ب ) عند إضافة قطعة من الحارصين إلى المخلوط يختزل كلوريد الأنثيمون إلى راسب أسود من فلز الأنثيمون أما كلوريد القصديريك فيختزل إلى كلوريد القصديروز الذائب .

### المجموعة الثالثة :

تحتوي على محلول هيدروكسيد الأمونيوم وهو إلكتروليت ضعيف التأين يعطي قلراً صغيراً من أيونات الهيدروكسيد .



وبتطبيق قانون فعل الكتلة على الاتزان بين جزيئات هيدروكسيد الأمونيوم والأيونات فإن :

$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]} = \text{constant} = \text{ثابت}$$

وبالرغم من أن درجة التأين لهيدروكسيد الأمونيوم صغيرة إلا أن تركيز أيونات الهيدروكسيل في المحلول يكفي لترسيب هيدروكسيدات فلزات المجموعة الثالثة والرابعة والخامسة وكذا هيدروكسيد المغنسيوم . ولذا يجب إضافة وفرة من محلول كلوريد الأمونيوم الذي يتسبب في زيادة تركيز أيونات الأمونيوم مما يؤدي إلى خفض تركيز أيونات الهيدروكسيل في المحلول بالقلتر الذي يسمح بترسيب هيدروكسيدات المجموعة الثالثة فقط ( الألومنيوم والكروم والحديد ) نظراً لصغر قيمة حاصل الإذابة لهذه الهيدروكسيدات .

ويلاحظ أن هناك بعض الأملاح مثل فوسفات الأتلاء الأرضية ( فلزات المجموعة الخامسة ) التي لا تذوب في الماء ولكن تذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف . وعلى ذلك فعند إضافة كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم ترسب هذه الأملاح بالإضافة إلى هيدروكسيدات الألومنيوم والكروم والحديد . ولهذا يجب الكشف عن الفوسفات قبل البدء في فصل المجموعة الثالثة . ويمكن إجراء ذلك بواسطة موليبدات الأمونيوم . وفي حالة وجود الفوسفات تتبع طريقة خاصة لفصل المجموعة الثالثة كما هو موضح فيما بعد ( المجموعة الثالثة في وجود الفوسفات ) .

ويتكون راسب المجموعة الثالثة من هيدروكسيد الألومنيوم والكروميك والحديديك وتعتمد طريقة فصل هذه الهيدروكسيدات على الحقائق التالية :

١ - نظراً للصفات المترددة لكل من هيدروكسيد الألومنيوم وهيدروكسيد الكروميك ( على خلاف هيدروكسيد الحديدك ) فهما يذوبان في محلول هيدروكسيد الصوديوم لتكوين الومينات الصوديوم وكروميت الصوديوم :



ولكن عند تسخين المحلول يتحلل كروميت الصوديوم وترسب هيدروكسيد الكروميك مرة أخرى أما الألومنيوم فيبقى في المحلول على هيئة أومينات الصوديوم الذائبة وبذا يمكن فصله .

٢ - عند معاملة هيدروكسيد الكروميك وهيدروكسيد الحديدك بفوق أكسيد الصوديوم ( أو هيدروكسيد الصوديوم وفوق أكسيد الهيدروجين ) يتأكسد هيدروكسيد الكروميك إلى كرومات الصوديوم الذائبة ( ذات لون أصفر ) .



وبذا يمكن فصل الكروم .

### المجموعة الرابعة :

نظراً لارتفاع حاصل الإذابة لكبريتيدات فلزات هذه المجموعة فإنه لا يمكن ترسيبها في الوسط الحمضي . ولكنها ترسب في الوسط القاعدي بواسطة كبريتيد الأمونيوم ( أو كبريتيد الهيدروجين في وجود هيدروكسيد الأمونيوم ) وكبريتيد الأمونيوم ، كباقي الأملاح ، يتأين للدرجة كبيرة وعلى هذا يزداد تركيز الخارصين والمنجنيز والكوبلت والنيكل فيتم ترسيبها .

قد تتسبب إضافة هيدروكسيد الأمونيوم في ترسيب فلزات هذه المجموعة وكذا فلز المغنسيوم على هيئة هيدروكسيدات ولذا يجب إضافة محلول كلوريد الأمونيوم أولاً قبل إضافة هيدروكسيد الأمونيوم للحد من تركيز أيونات الهيدروكسيل للدرجة لا تسمح بترسيب هذه الهيدروكسيدات ؛ وتعتمد طريقة فصل كبريتيدات الخارصين والمنجنيز والكوبلت والنيكل على الحقائق التالية :

١ - تختلف كبريتيدات كل من الخارصين والمنجنيز والكوبلت والنيكل في قابليتها للذوبان في حمض الهيدروكلوريك المخفف . فبينما تذوب كبريتيدات كل من الخارصين والمنجنيز في الحمض بسهولة نجد أن كبريتيدات كل من الكوبلت والنيكل صعبة الذوبان ولذا يمكن فصلهم .

٢ - عند معاملة المحلول المحتوي على كلوريد كل من الخارصين والمنجنيز بمحلول هيدروكسيد الصوديوم يترسب هيدروكسيد كل من الخارصين والمنجنيز . ولكن نظراً للخواص المترددة لفلز الخارصين والمنجنيز . ( على خلاف المنجنيز ) فإن هيدروكسيد الخارصين يذوب في الزيادة من هيدروكسيد الصوديوم مكوناً خارصينات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{Zn}_2\text{O}_2$  وبذا يمكن فصل الخارصين .

٣ - أما فيما يتعلق بالكوبلت والنيكل فيمكن الكشف عن كل منها باختبارات خاصة مميزة لا تتأثر بوجود العنصر الآخر مثل اختبار ثيوسيانات الكوبلت واختبار ثنائي مثل الجليو . كزيم للنيكل .

### المجموعة الخامسة :

ترسب فلزات هذه المجموعة وهي الكالسيوم والأستراشيوم والباريوم على هيئة كربونات بواسطة كربونات الأمونيوم في وجود كل من كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم .

ويحتوي الراشح من المجموعة الرابعة على تركيز عال من أيونات الأمونيوم أعلى بكثير من الحد الضروري لمنع ترسيب هيدروكسيد المغنسيوم . وهذا التركيز العالي من أيونات الأمونيوم يؤثر على كربونات الأمونيوم المضافة حيث يعمل على خفض تركيز أيونات الكربونات وهذا بدوره يؤدي إلى عدم إتمام ترسيب كربونات الكالسيوم والأستراشيوم والباريوم . ولذا يجب التخلص من أملاح الأمونيوم أولاً قبل البدء في ترسيب المجموعة الخامسة وغالباً ما يتم ذلك بتبخير الراشح

من المجموعة الرابعة حتى الجفاف في وجود حمض النتريك المركز الذي يساعد على التخلص من أملاح الأمونيوم نظراً لتكوين نترات الأمونيوم التي سرعان ما تتحلل كما يلي :



تذاب المادة الصلبة المتخلفة عن عملية التبخر في قليل من حمض الهيدروكلوريك المخفف ثم يضاف قليل من كلوريد الأمونيوم<sup>(١)</sup> ثم هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصبح المحلول قلويًا وبعد ذلك تضاف وفرة من محلول كربونات الأمونيوم لترسيب المجموعة الخامسة .

هذا مع مراعاة أن الترسيب بواسطة كربونات الأمونيوم يتم من المحاليل الساخنة وذلك لضمان تكوين راسب حبيبي سهل ترشيحه . ولكن يجب تقادى تسخين المحلول للدرجة الغليان حيث إن هذا يسبب في تحلل الكاشف (كربونات الأمونيوم) وكذا إذابة قدر من الكربونات المترسبة :



بعد فصل الكربونات تذاب في حمض الخليك حيث تتكون الخلات المناظرة الذائبة . تعتمد طريقة فصل هذه الفلزات الثلاثة على الحقائق التالية :

١ - يختلف حاصل الإذابة لكرومات هذه الفلزات الثلاثة كما يلي :

كرومات الكالسيوم  $\text{CaCrO}_4$  حاصل الإذابة  $2,3 \times 10^{-2}$

كرومات الاسترانسيوم  $\text{SrCrO}_4$  حاصل الإذابة  $3,6 \times 10^{-5}$

كرومات الباريوم  $\text{BaCrO}_4$  حاصل الإذابة  $1,6 \times 10^{-10}$

ومن ذلك يتضح أن كرومات الباريوم ترسب أولاً عند إضافة محلول كرومات البوتاسيوم إلى محلول خلات الفلزات الثلاثة . هذا مع ملاحظة أن حمض الخليك يعمل على الحد من تركيز أيونات الكرومات للدرجة لا تسمح بترسيب كرومات الاسترانسيوم أو كرومات الكالسيوم .



٢ - تعتمد طريقة فصل كل من الكالسيوم والاسترانسيوم على الاختلاف في حاصل الإذابة لكبريتات كل منهما . فكبريتات الاسترانسيوم أقل ذوباناً من كبريتات الكالسيوم حتى إنه يمكن ترسيب كبريتات الاسترانسيوم بواسطة محلول من كبريتات الكالسيوم : ولذا يمكن فصل الاسترانسيوم تماماً على هيئة كبريتات بواسطة محلول كبريتات الأمونيوم . ومن المحتمل تكوين المراكب  $(\text{NH}_4)_2[\text{Ca}(\text{SO}_4)_2]$  الذائب وهذا بدوره يساعد على بقاء كبريتات الكالسيوم ذائبة في محلول :

(١) وذلك لمنع ترسيب المغنسيوم على هيئة هيدروكسيد أو على هيئة كربونات .



### المجموعة السادسة :

تحتوى هذه المجموعة التى تعرف بالمجموعة القلوية على الفلزات التى لم يمكن ترسيبها على هيئة كلوريدات أو كبريتيدات أو هيدروكسيدات أو كربونات بواسطة كواشف المجموعات الخمس السابقة . وهذه الفلزات هى المغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم وثنى الأمونيوم . وبالرغم من أن المغنسيوم يتبع الأفلاء الأرضية طبقاً للجدول الدورى للعناصر إلا أنه وضع فى هذه المجموعة لأنه يمكن ترسيبه على هيئة كربونات ضمن فلزات المجموعة الخامسة ( بواسطة كربونات الأمونيوم فى وجود كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم ) . أما الأمونيوم فقد وضع فى هذه المجموعة نظراً لتشابه مركبات الأمونيوم ومركبات الفلزات القلوية وبالأخص مركبات البوتاسيوم .

وكما ذكرنا من قبل فإنه لا يوجد كاشف لهذه المجموعة وإنما يجرى عن كل عنصر على حده .

ونظراً لإضافة أملاح الأمونيوم أثناء عمليات الكشف عن المجموعات السابقة فإنه يجب الرجوع إلى المخلوط الأصيل للكشف عن ثنى الأمونيوم ، ومن الأفضل إجراء عملية الكشف عن الأمونيوم على جزء من المخلوط قبل البدء فى الكشف عن المجموعة الأولى . وتعتمد طريقة الكشف عن الأمونيوم على سهولة تطاير غاز النشادر عند تسخين أملاح الأمونيوم مع القواعد مثل هيدروكسيد الصوديوم .

أما فيما يتعلق بباقي عناصر هذه المجموعة فيجرى الكشف عن كل منهم فى الراشح من المجموعة الخامسة بعد تركيزه .

وتعتمد طريقة الكشف عن المغنسيوم على ترسيبه على هيئة فوسفات الأمونيوم والمغنسيوم بواسطة فوسفات الصوديوم فى وجود كل من كلوريد الأمونيوم<sup>(١)</sup> وهيدروكسيد الأمونيوم .

عند الكشف عن الصوديوم والبوتاسيوم يجب التأكد من التخلص من أى آثار من الأمونيوم حيث أنها تعطى اختبار الكوبلتى نترت مثل البوتاسيوم . يمكن التخلص من أملاح الأمونيوم بتبخير جزء من راشح المجموعة الخامسة إلى الجفاف فى وجود حمض النريك المركز . هذا وتعتمد طريقة الكشف عن الصوديوم والبوتاسيوم أساساً على اختبار اللهب .

(١) لمنع ترسيب هيدروكسيد المغنسيوم .



## ثانياً : طريقة العمل

يحضر محلول من المخلوط باستخدام طريقة الإذابة الموضحة في الباب الثالث مع مراعاة الملاحظات التي سبق ذكرها ( صفحة ٥٠ ، ٨٦ ) ، وطريقة الكشف المتبعة هنا تعتمد إلى حد كبير على التفاعلات التي سبق دراستها في الباب الثالث :

وهذه الطريقة تتلخص في ترسيب عناصر كل مجموعة على حدة باستخدام الكاشف الخاص بكل منها حسب الترتيب كما ذكر سابقاً . وتعتمد طريقة فصل أفراد كل مجموعة على الخواص الطبيعية والكيميائية للراسب المتكون .

**الكشف عن الأمونيوم :** من الأفضل الكشف عن الأمونيوم قبل البدء في الكشف عن المجموعة الأولى . ولهذا يسخن جزء من المخلوط مع محلول هيدروكسيد الصوديوم في أنبوبة اختبار فإذا تصاعد غاز النشادر ذو الرائحة المميزة دل ذلك على وجود شق الأمونيوم في المخلوط . يمرر غاز النشادر المتصاعد في حمض الهيدروكلوريك المخفف ويستخدم المحلول الناتج ( المتعادل ) لإجراء التجارب التأكيدية لشق الأمونيوم ( أنظر صفحة ٨٣ ) .

### المجموعة الأولى :

أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى محلول المخلوط البارد . استمر في إضافة حمض الهيدروكلوريك حتى يقف ظهور الراسب . في حالة تكون راسب رشح . خذ جزء من الراشح وأضف إليه حمض الهيدروكلوريك للتأكد من إتمام عملية الترسيب .

الراسب	الراشح
قد يحتوي على كلوريد الرصاص وكلوريد الفضة وكلوريد الزئبق	يحتفظ به الكشف عن المجموعات الأخرى :

يغسل الراسب بالماء البارد ثم يغلى مع كمية زائلة من الماء ويرشح وهو ساخن

الراسب		الراسب
قد يحتوى على كلوريد الفضة وكلوريد الزئبق ( فى حالة وجود الرصاص يجب غسل الراسب عدة مرات بالماء المغلى للتخلص من أى بقايا من كلوريد الرصاص ) . أضف هيدروكسيد الأمونيوم إلى الراسب بعد غسله وسخن ثم رشح		قد يحتوى على كلوريد الرصاص ١ - برد جزء صغير من الراشح فإذا ظهر راسب أبيض متبلر دل ذلك على وجود الرصاص ٢ - أضف حمض الكبريتيك المخفف إلى جزء آخر من الراشح يتكون راسب أبيض فى حالة الرصاص : ٣ - أضف محلول كرومات البوتاسيوم إلى جزء من الراشح يتكون راسب أصفر دلالة على وجود الرصاص .
الراسب	الراشح	
راسب أسود فى حالة وجود الزئبق . يذاب الراسب فى الماء الملئ ثم يخفف بالماء . أضف محلول كلوريد القصدير إلى جزء من المحلول . يتكون راسب أبيض يتحول إلى رمادى بإضافة زيادة من الكاشف دلالة على وجود الزئبق .	قد يحتوى على الفضة ١ - حمض جزء من الراشح بـ حمض النتريك المخفف فإذا تكون راسب أبيض متجمع يتحول إلى اللون البنفسجى عند تعريضه للضوء دل ذلك على وجود الفضة . ٢ - أضف محلول يوديد البوتاسيوم إلى جزء آخر من الراشح يتكون راسب أصفر دلالة على وجود الفضة .	

### المجموعة الثانية :

اكشف عن وجود النترات فى جزء صغير من الراشح الناتج بعد ترسيب المجموعة الأولى ( اختبار الحلقة السمراء ٣٨ ) . وفى حالة وجود النترات يجب التخلص منها ( انظر صفحة ٨٦ )

سخن الراشح<sup>(١)</sup> بعد تخفيفه ثم أمرار غاز كبريتيد الهيدروجين ببطء حتى يتشبع المحلول : لاحظ التغيرات في لون المحلول والراسب المتكون . قد يتكون راسب أبيض من الكبريت ثم رشح . خفف الراشح بالماء ثم شبعه ثانية بغاز كبريتيد الهيدروجين للتأكد من إتمام عملية الترسيب . كرر هذه العملية حتى يتوقف ظهور راسب عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين وفي النهاية يغلى الراسب بمحلول كبريتيد الهيدروجين في الماء .

الراسب	الراشح
قد يحتوي على كبريتيد الزئبق والرصاص والزرنيخ والقصدير . والنحاس والكادميوم والزرنيخ والأنثيمون والقصدير .	يحفظ به للكشف عن المجموعات الأخرى .

عالج الراسب المحتوي على الكبريتيدات بمحلول كبريتيد الأمونيوم الأصفر ، سخن برفق ثم رشح .

الراسب	الراشح
وقد يحتوي على كبريتيد الزئبق والرصاص والزرنيخ والقصدير . يعالج الراسب كما هو موضح تحت ٢٢ .	قد يحتوي على الأملاح الكبريتية للزرنيخ والأنثيمون والقصدير . يعالج الراشح كما هو موضح تحت ٢ ب

## المجموعة ٢٢ :

عالج الراسب المتخلف من تأثير كبريتيد الأمونيوم الأصفر بحمض النريك المخفف ( ٢ ع ) وسخن حتى يبدأ المحلول في الغليان .

( ١ ) من الأفضل أن يجرى الكشف عن المجموعة الثانية على جزء من الراشح وفي حالة التأكد من وجود المجموعة الثانية تمام عملية الترسيب للراشح كله .

الراسب	الراشح
راسب أسود من كبريتيد الزئبق والكبريت : أذب الراسب في الماء الملكي ثم رشح من الكبريت المتبقى اكشف عن الزئبق بواسطة كلوريد القصديروز يتكون راسب أبيض رمادي في حالة وجود الزئبق	قد يحتوي على نترات الرصاص <sup>(١)</sup> والبيزمرت والنحاس والكادميوم . يؤخذ جزء صغير من الراشح ويضاف إليه حمض الكبريتيك المخفف والكحول الأثيلي فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود الرصاص وفي هذه الحالة يفصل الرصاص بإضافة حمض الكبريتيك المخفف (٦ ع) إلى الراشح ويبخر حتى تبدأ أبخرة بيضاء في التصاعد . يبرد المحلول ثم يخفف بالماء ويرشح .

الراسب	الراشح
راسب أبيض من كبريتات الرصاص يذاب في محلول خلات الأمونيوم ويكشف عن الرصاص في المحلول الناتج كما هو موضح في المجموعة الأولى .	وقد يحتوي على البيزمرت والنحاس والكادميوم أضف زيادة من هيدروكسيد الأمونيوم ورشح .
راسب أبيض من هيدروكسيد البيزمرت يذاب في حمض الهيدروكلوريك ١ - عند تخفيف جزء من المحلول الناتج يتكون راسب أبيض من الملح القاعلي دلالة على وجود البيزمرت .	قد يحتوي على النحاس (لون أزرق) والكادميوم . للتأكد من وجود النحاس أضف إلى من الراشح قليلاً من حمض الخليك ثم محلول حديدوسيانيد البوتاسيوم فإذا ظهر راسب بني مائل للحمرة دل ذلك على وجود النحاس . يمكن الكشف عن الكادميوم في وجود النحاس وذلك بإضافة زيادة من محلول سيانيد البوتاسيوم إلى جزء من الراشح ثم لمرار غاز كبريتيد الهيدروجين فإذا تكون راسب أصفر دل ذلك على وجود الكادميوم . إذا كان الراشح عسديم اللون (غياب النحاس) يمرر غاز كبريتيد الهيدروجين في الراشح فإذا تكون راسب أصفر دل ذلك على وجود الكاد ميوم .
٢ - أضف الجزء الآخر إلى محلول قصديرية <sup>(٢)</sup> الصوديوم يكون راسب أسود دلالة على وجود البيزمرت .	

(١) كثيراً ما يصعب فصل الرصاص في المجموعة الأولى وذلك نظراً لأن كلوريد الرصاص يذوب في الماء لحد ما وفي هذه الحالة يترسب على هيئة كبريتيد مع أفراد المجموعة الثانية .

(٢) يحضر محلول قصديرية الصوديوم بإضافة زيادة من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول كلوريد القصديروز .

## المجموعة ٢ ب :

عالج الراشح المحتوى على الأملاح الكبريتية للزرنخ والأنثيمون والقصدير بحمض الهيدروكلوريك المخفف . فإذا تكون عالق أبيض أو أبيض مائل للاصفرار دل ذلك على وجود الكبريت وفي هذه الحالة يمكن التغاضي عنه . أما إذا تكون راسب أصفر أو برتقالي من كبريتيد فلزات المجموعة ٢ ب رشح ثم أغسل الراسب المتخلف . عالج الراسب بحمض الهيدروكلوريك المركز حتى يقف تصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين . سخن لمدة بضع دقائق ثم خفف ورشح الراسب المتبقى .

الراشح	الراسب
<p>قد يحتوى على كلوريد الأنثيمون والقصدير قسم الراشح إلى جزأين</p> <p>١ - أضف هيدروكسيد الأمونيوم إلى الجزء الأول حتى يصبح المحلول قلويًا ثم أضف حوالى ٥ جم من حمض الأكساليك الصلب ، أغلى المحلول حتى يذوب حمض الأكساليك ثم أمرار غاز كبريتيد الهيدروجين فإذا تكون راسب برتقالي دل ذلك على وجود الأنثيمون . يمكن الكشف عن القصدير بفصل كبريتيد الأنثيمون ومعالجة الراشح بمحلول برمنجنات البوتاسيوم . فإذا تكون راسب أصفر عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين دل ذلك على وجود القصدير .</p> <p>٢ - أضف قطعة من الخارصين إلى الجزء الثانى من الراشح ثم سخن بعض الوقت فإذا تكون راسب أسود على قطعة الخارصين دل ذلك على وجود الأنثيمون . أغلى المحلول حتى يذوب الخارصين ثم خفف بالماء ورشح . الراشح قد يحتوى على القصدير على هيئة قصدير روز . أضف محلول كبريتيد الزئبق إلى جزء من الراشح فإذا تكون راسب أبيض أو رمادى دل ذلك على وجود القصدير .</p>	<p>يحتوى على كبريتيد الزرنخيك والكبريت</p> <p>أذب الراسب فى حمض النريك المركز الساخن ورشح لفصل الكبريت</p> <p>أضف محلول مولبيدات الأمونيوم إلى جزء من الراشح وسخن فإذا تكون راسب أصفر دل ذلك على وجود الزرنخ</p>

## المجموعة الثالثة :

يجب مراعاة الملاحظات التالية قبل البدء فى الكشف على المجموعة الثالثة :



## ١ - يجب التخلص من كبريتيد الهيدروجين :

لمنع ترسيب عناصر المجموعة الرابعة عند إضافة كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم ( كاشف المجموعة الثالثة ) ويتم ذلك بغلي الراشح من المجموعة الثانية لمدة عشر دقائق على الأقل . وفي أثناء الغليان أضف بضع نقط من حمض النتريك المركز للمساعدة . التخلص من كبريتيد الهيدروجين ( يتأكسد إلى الكبريت ) ولاكسلة الحديدوز إلى حديدك . في حالة وجود عائق من الكبريت رشع وأهمل الراسب .

## ٢ - يجب الكشف عن الفوسفات في المحلول :

( كشف موليبدات الأمونيوم ص ٤١ وذلك لأن وجود شق الفوسفات قد يتسبب في ترسيب المجموعات الثالثة والرابعة والخامسة والمغنسيوم (على هيئة فوسفات) عند إضافة كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم لفصل المجموعة الثالثة . وفي حالة وجود فوسفات تتبع الطريقة الموضحة فيما بعد . أما في حالة عدم وجود الفوسفات تتبع الطريقة التالية :

أضف زيادة من كلوريد الأمونيوم<sup>(١)</sup> وسخن المحلول حتى الغليان ثم أضف هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصير المحلول قلويا ( اكشف بواسطة عباد الشمس ) .

أغلي المحلول لمدة ثلاث دقائق وفي حالة وجود راسب رشع ثم أغسل الراسب بالماء الساخن وأهمل راسع الغسيل .

الراسب	الراشح
قد يحتوي على هيدروكسيدات الأمونيوم والكروم والحديد	يحتفظ به للكشف عن المجموعات الأخرى

يعالج الراسب بمحلول هيدروكسيد الصوديوم ويسخن الخليط حتى الغليان وفي حالة وجود راسب رشع .

(١) يجب إضافة كمية وفيرة من كلوريد الأمونيوم قبل إضافة هيدروكسيد الأمونيوم لمنع ترسيب هيدروكسيدات المجموعة الرابعة .

الراشح	الراسب
<p>قد يحتوى على ألومينات الصوديوم. أضف نقطة من محلول عباد الشمس الأزرق إلى جزء من الراشح ثم أضف حمض الهيدروكلوريك حتى يصير المحلول حمضى . أضف هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصبح المحلول قلوياً وسخن فإذا تكون راسب هلامى دل ذلك على وجود الألومنيوم</p>	<p>قد يحتوى هيدروكسيد الكروم وهيدروكسيد الحديد . انقل الراسب بواسطة قليل من الماء إلى كأس زجاجى ثم أضف قليلا من فوق أكسيد الصوديوم (أو كمية وافرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم وفوق أكسيد الهيدروجين) اغل المحلول ثم خفف بالماء وفى حالة وجود راسب رشح .</p>
الراشح	الراسب
<p>إذا كان الراشح أصفر دل ذلك على وجود الكروم (كرومات الصوديوم) . ١ - خذ جزءاً من الراشح وأضف إليه حمض الخليك ثم محلول خلاص الرصاص يتكون راسب أصفر من كرومات الرصاص دلالة على وجود الكروم ١ - حمض الجزء الآخر من الراشح بمحلول الخليك ثم أضف محلول نترات الفضة فيكون راسب بنى مائل للاحمرار فى حالة وجود الكروم .</p>	<p>قد يحتوى على هيدروكسيد الحديد أذب الراسب فى قليل من حمض الهيدروكلوريك المخفف واكشف فى المحلول الناتج عن الحديد . ١ - ثيوسيانات البوتاسيوم : يتكون لون أحمر دموى دلالة على وجود الحديد ٢ - حديد سيانيد البوتاسيوم : راسب أزرق (أزرق بروسيا) وهذا يدل على وجود الحديد .</p>

#### المجموعة الرابعة :

أضف إلى الراشح من المجموعة الثالثة محلول كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم ثم أضف كبريتيد الأمونيوم عديم اللون نقطة نقطة أو أمرر غاز كبريتيد الهيدروجين فى المحلول القلوى حتى يتم الترسيب . فى حالة تكون راسب رشح وأغسل الراسب بمحلول مخفف من كلوريد الأمونيوم المحتوى على قليل من كبريتيد الأمونيوم . واهمل راشح الفسيل .

الراشح	الراسب
يحتفظ به للكشف عن المجموعات الأخرى	قد يحتوي على كبريتيدات الحارصين (أبيض) والمنجنيز (لحمي) والنيكل والكوبلت (أسود) <sup>(١)</sup>

انقل الراسب إلى كأس زجاجي وأضف إليه حمض الهيدروكلوريك المخفف (١ ع) على البارد قلب الخليط واتركه لمدة ثلاث دقائق <sup>(٢)</sup> وفي حالة وجود راسب رشع .

الراسب	الراشح
قد يحتوي على كبريتيدات الكوبلت والنيكل <sup>(٣)</sup> أذب الراسب في الماء الملكي ثم بخر حتى الجفاف تقريباً خفف بالماء (رشع إذا لزم الأمر) ثم قسم المحلول إلى قسمين :	ربما يحتوي على كلوريد الحارصين والمنجنيز . اغلى المحلول لطرد غاز كبريتيد الهيدروجين تماماً ثم أضف كمية وفيرة من هيدروكسيد الصوديوم واغل ثانياً وفي حالة وجود راسب رشع .

- ( ١ ) يستبعد وجود النيكل والكوبلت إذا كان لون الراسب أبيض أو بني باهت . .
- ( ٢ ) كبريتيدات الكوبلت والنيكل تنوب إلى حد ما في حمض الهيدروكلوريك المخفف ولذا يجب عدم ترك الراسب مع الحمض مدة طويلة .
- ( ٣ ) يمكن التغاضي عن الراسب إذا لم يكن أسود .

القسم الثاني	القسم الأول	الزاسب	الزاسنج
<p>الكشف عن الكوبلت</p> <p>١ - أضف بضع بلورات من نريت الصوديوم وقليل من حمض النريك ثم سخن برفق يتكون راسب أصفر دليلًا عن وجود الكوبلت</p> <p>٢ - أضف بضع بلورات من ثيوسانات البوتاسيوم أو الأمونيوم . يتكون راسب أزرق دليلًا على وجود الكوبلت</p>	<p>الكشف عن النيكل</p> <p>١ - أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يهبط المحلول قليلاً ثم أضف محلول سيانيد البوتاسيوم حتى يذيب الراسب أضف قطرتين من المحلول الناتج إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم<sup>(١)</sup> فإذا تكون راسب أسود دل ذلك على وجود النيكل</p> <p>٢ - أضف هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصبح المحلول قليلاً ثم أضف قليلاً من ثنائي مشيل الجليوكريم فإذا تكون راسب أحمر دل ذلك على وجود النيكل .</p>	<p>الزاسب</p> <p>قد يحتوي على هيدروكسيد المنجنيز أذنب جزءاً من الراسب في حمض النريك المركز ثم أضف فوق أكسيد الرصاص أو فوق أكسيد الميكروجين . اغل المحلول لمدة دقيقتين ثم اتركه ليستقر . يتلون المحلول باللون البنفسجي دلالة على وجود المنجنيز</p>	<p>الزاسنج</p> <p>قد يحتوي على خالصات الصوديوم مرر غاز كبريتيد الميكروجين في جزء من المحلول فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود الخارصين</p>

(١) يحضر هيدروكسيد البوتاسيوم بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى ماء البيرولم حتى يصبح لون المحلول أصفر باهت .

## المجموعة الخامسة :

يركز الراشح من المجموعة الرابعة بالتبخير ويرشح في حالة تكون أى راسب ويهمل الراسب<sup>(١)</sup> أضف قليلاً من محلول كلوريد الأمونيوم ثم هيدروكسيد الأمونيوم . سخن إلى قرب الغليان ثم أضف محلولاً دافئاً من كربونات الأمونيوم حتى يتم الترسيب . سخن تسخيناً هيناً ثم اترك المحلول جانباً لمدة عشر دقائق ليستقر . رشح ثم اغسل الراسب بالماء الساخن واهمل راشح الغسيل .

الراشح	الراسب
يحتفظ به للكشف عن المجموعة السادسة	قد يحتوي على كربونات الباريوم والاسترانشيوم والكالسيوم

يذاب الراسب في أقل كمية من حمض الخليك المخفف الساخن ، ثم يكشف عن الباريوم في جزء صغير من المحلول بإضافة محلول كرومات البوتاسيوم فإذا تكون راسب أصفر دل ذلك على وجود الباريوم . إذا كان الباريوم غير موجود يهمل هذا الجزء من المحلول ويكشف عن الاسترانشيوم والكالسيوم في المحلول الأصلي .

أما إذا كان الباريوم موجوداً يغلى المحلول الأصلي ويضاف قليل من محلول كرومات البوتاسيوم حتى يصبح لون المحلول برتقالى لضمان ترسيب الباريوم ترسيباً تاماً ثم رشح .

( ١ ) من الأفضل تبخير الراشح من المجموعة الرابعة إلى قرب الجفاف ثم يضاف قليل من حمض الشريك المركز وتعاد عملية التبخير حتى يتوقف تصاعد أبخرة النشادر . ثم تذاب المادة الصلبة المتبقية في قليل من حمض الهيدروكلوريك المخفف .



الراشح ( أو المحلول الأصلي في حالة عدم وجود الباريوم )	الراسب
<p>قد يحتوي على الكالسيوم والسترانشيوم: أضف محلول هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصير المحلول قلوياً ثم أضف زيادة من محلول كربونات الأمونيوم فإذا ظهر راسب أبيض دل ذلك على وجود الكالسيوم أو السترانشيوم أو كليهما رشح ثم اغسل الراسب بالماء الساخن وأهمل راشح الغسيل .</p> <p>أذب الراسب في حمض الخليك الساخن ثم اغل المحلول لطرد ثاني أكسيد الكربون . أضف محلول كبريتات الكالسيوم إلى جزء صغير من المحلول الناتج ثم سخن فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود السترانشيوم<sup>(١)</sup> .</p> <p>في حالة وجود السترانشيوم أضف زيادة من محلول كبريتات الأمونيوم إلى الجزء المتبقى من المحلول ثم اغل المحلول واتركه لمدة خمس دقائق ثم رشح .</p>	<p>راسب أصفر من كرومات الباريوم اغسل بالماء الساخن ثم أذب في حمض الهيدروكلوريك وبخر إلى الجفاف وأجر اختبار اللهب .</p> <p>يظهر لون أخضر تفاحي دلالة على وجود الباريوم .</p>
الراشح	الراسب
<p>قد يحتوي على الكالسيوم ويمكن الكشف عنه كما يلي :</p> <p>أضف محلول هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصير المحلول قلوياً أضف محلول أكسالات الأمونيوم فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود الكالسيوم .</p> <p>أذب الراسب في حمض الهيدروكلوريك المركز وبخر للجفاف ثم أجر اختبار اللهب لون أحمر طوبي دلالة على وجود الكالسيوم .</p>	<p>راسب أبيض من كبريتات السترانشيوم أذب الراسب في حمض الهيدروكلوريك المركز. بخر للجفاف ثم أجر اختبار اللهب فإذا ظهر لون قرمزي دل ذلك على وجود السترانشيوم .</p>

( ١ ) في حالة عدم وجود السترانشيوم يكشف عن الكالسيوم في الجزء المتبقى من المحلول بنفس الطريقة المستخدمة للكشف عن الكالسيوم بعد فصل السترانشيوم .

## المجموعة السادسة :

- قد يحتوى الراشح من المجموعة الخامسة على أيونات المغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وأملاح الأمونيوم التى يجب الكشف عنها فى المخلوط الأصيل قبل الكشف عن المجموعة الأولى كما ذكر سابقاً . اغل راشح المجموعة الخامسة لتركيزه ثم اتركه ليبرد رشح فى حالة وجود أى راسب واهمل ثم قسم الراشح إلى قسمين :

القسم الأصفر	القسم الأكبر
أضف محلول كلوريد الأمونيوم ثم هيدروكسيد الأمونيوم يتلوه وفره من محلول فوسفات الصوديوم . برد المحلول مع حك جدار الأنبوبة من الداخل فإذا تكون راسب أبيض دل ذلك على وجود المغنسيوم .	بخبر المحلول حتى يتوقف تصاعد أبخرة أملاح الأمونيوم البيضاء . إذا لم تتخلف أى مادة صلبة دل ذلك على عدم وجود أملاح الصوديوم والبوتاسيوم . أما إذا تخلفت مادة صلبة أضف قليلاً من الماء ثم رشح وقسم الراشح إلى قسمين . ١ - أضف إلى القسم الأول محلول كوبلتى نثريت الصوديوم وبضع قطرات من حمض الخليك فإذا تكون راسب أصفر دل ذلك على وجود البوتاسيوم . تأكد باختبار اللهب ( لون بنفسجى ) ٢ - إذا لم يكن المخلوط محتوياً على البوتاسيوم اكشف عن الصوديوم باختبار اللهب إذ يتلون اللهب باللون الأصفر الذهبي فى حالة وجود الصوديوم .

## المجموعة الثالثة فى وجود الفوسفات :

لما كانت فوسفات المجموعات الثالثة والرابعة والخامسة والمغنسيوم تذوب فى الأحماض المعدنية وترسب فى المحاليل القلوية فقد لوحظ أنه عند ترسيب فلزات المجموعة الثالثة على هيئة هيدروكسيدات ( بإضافة كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم ) فإن فوسفات فلزات المجموعة الرابعة والخامسة والمغنسيوم ترسب مع فلزات المجموعة الثالثة ولهذا يجب اتباع طريقة خاصة لفصل المجموعة الثالثة فى حالة وجود شق الفوسفات .  
وهناك عدة طرق نذكر منها طريقة كلوريد الحديدك . وتعتمد هذه الطريقة على أن فوسفات الحديد والأمونيوم والكروم لا تذوب فى محلول حمض الخليك المحتوى على خلاص الأمونيوم بينما تذوب فوسفات المجموعات الأخرى فى هذا المحلول .

ويتوقف ترسيب الفوسفات على درجة تركيز أيونات المجموعة الثالثة ( الحديد - الأمونيوم - والكروم ) الموجود في المحلول . فيكون الترسيب تاماً إذا كانت هناك وفرة من هذه الأيونات وإلا كان الترسيب غير تام . وفي هذه الحالة يضاف محلول كلوريد الحديد لإتمام عملية الترسيب - ويمكن استخدام كلوريد الألومنيوم أو كلوريد الكروميك بدلا من كلوريد الحديد ولكن يفضل الأخير لأنه عند إضافة كمية كافية منه يتلون المحلول باللون الأحمر نتيجة لتكون خلايا الحديد الحمر .

### طريقة الفصل :

اغسل راشح المجموعة الثانية لطرد غاز كبريتيد الهيدروجين ثم أضف بضع نقط من حمض النتريك المركز لأكسدة أملاح الحديدوز إلى الحديدك وفي حالة وجود عالق من الكبريت رشح وأهمل الراسب ، اكشف عن كل من الفوسفات <sup>(١)</sup> والحديد <sup>(٢)</sup> في جزء صغير من المحلول . وفي حالة وجود الفوسفات تجري عملية الفصل كما يلي :

أضف محلول كلوريد الأمونيوم وهيدروكسيد الأمونيوم حتى يصير المحلول قلوياً ثم أضف حوالي ٢٠ سم<sup>٣</sup> من محلول مركز من خلايا الأمونيوم وقليل من حمض الخليك . فإذا تلون المحلول باللون الأحمر فمعنى ذلك أن هناك وفرة من الحديد كافية لترسيب الفوسفات . أما إذا لم يتلون المحلول باللون الأحمر أضف محلول كلوريد الحديد المتعادل نقطة نقطة حتى يتلون المحلول باللون الأحمر وفي كلتا الحالتين اغسل المحلول لمدة ثلاث دقائق ثم رشح واغسل الراسب بالماء المغلي وأهمل راشح الغسيل .

الراسب	الراشح
قد يحتوي على الفوسفات والخلايا القاعدية لفلزات الحديد والأمونيوم والكروم .	يحتفظ به للكشف عن المجموعات الأخرى كالمعتاد .

انقل الراسب بواسطة قليل من الماء إلى كأس زجاجي ثم أضف قليلاً من فوق أكسيد الصوديوم ( أو كمية وفيرة من هيدروكسيد الصوديوم وفوق أكسيد الهيدروجين ) . اغسل المحلول ثم رشح •

( ١ ) بواسطة اختبار موليبدات الأمونيوم .

( ٢ ) يمكن الكشف عن الحديد في المحلول بواسطة اختبار حديد وسيانيد البوتاسيوم أو اختبار ثيوسيانات البوتاسيوم أو الأمونيوم .

الراسب	الراشح
يمكن إهماله حيث إنه يحتوى على هيدروكسيد وخبلات وفوسفات الحليد	إذا كان لون الراشح أصفر دل ذلك على وجود الكروم (على هيئة كرومات) وإن كان عديم اللون دل ذلك على عدم وجود الكروم وقد يحتوى المحلول على الألومنيوم (على هيئة ألومنيات) . قسم الراشح إلى قسمين :
	١ - أضف إلى القسم الأول حمض الخليك ثم محلول خلات الرصاص فيتكون راسب أصفر من كرومات الرصاص دلالة على وجود الكروم .
	٢ - حمض القسم الثانى بـ حمض الهيدروكلوريك ثم أضف هيدروكسيد الأمونيوم حتى يصير المحلول قلوياً فإذا تكون راسب أبيض هلامي من هيدروكسيد الألومنيوم دل ذلك على وجود الألومنيوم .

## السبائك

### Alloys

تركب السبيكة من فلزين أو أكثر وقد تحتوى بعض السبائك على عناصر غير فلزية مثل السيليكون والكربون والفسفور والكبريت :

وتختلف طريقة ارتباط العناصر المكونة للسبيكة من حالة لأخرى فمثلاً :

- ١ - قد تذوب هذه العناصر في بعضها البعض مكونة محلولاً صلباً .
- ٢ - قد تتحد هذه العناصر مع بعضها البعض مكونة مركب كيميائى أو ما إلى ذلك .
- ٣ - في بعض الأحيان تنتشر بعض هذه العناصر انتشاراً متجانساً في السبيكة .

وقد تختلف خواص السبائك كلية عن خواص العناصر الداخلة في تركيبها . ويمكن التحكم في بعض هذه الخواص مثل الصلابة ومقاومة الصدأ بتغير نسب العناصر الداخلة في تركيب السبيكة .

وبعض العناصر يندر استخدامها في السبائك مثل الكالسيوم والستراتشيوم والباريوم والصوديوم والبوتاسيوم . كما أن هناك نوع من السبائك يعرف بالملغم وهو يتكون بإذابة الفلزات



في الزئبق . كثيراً ما يستخدم الملمغم في حشو الأسنان .  
وقد أمكن تحضير عديد من السبائك لكل منها استخداماتها الخاصة والجدول التالي يبين تركيب بعض السبائك الشائعة . .

## تحليل السبائك

### أولاً - ملاحظات عامة :

يجب أن تكون السبيكة على هيئة برادة أو خراطة دقيقة لتسهيل عملية الإذابة كما يجب إزالة أى آثار للشحوم أو الزيوت العالقة بها وذلك بغسلها بالأسيتون أو أثر البرول .  
ولاختبار المذيب المناسب تجرى اختبارات إذابة تمهيدية على جزء صغير من السبيكة باستخدام حمض الهيدروكلوريك ثم النتريك ثم الماء الملكي وتجري هذه الاختبارات مع الأحماض المخففة الباردة فالساخنة ثم مع الأحماض المركزة الباردة فالساخنة .

وبعض السبائك قد لا تذوب تماماً في الأحماض مثل السبيكة المكونة من النحاس والقصدير والرصاص . فمثلاً هذه السبيكة لا تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك وذلك لأن النحاس يلى الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية . وعند إذابة هذه السبيكة في حمض النتريك يتحول القصدير إلى أكسيد الرصاص غير الذائب . أما مع الماء الملكي فيتكون كلوريد الرصاص غير الذائب .

ويمكن تكوين فكرة مبدئية عن مكونات السبيكة بملاحظة تفاعلاتها مع الأحماض المختلفة فمثلاً :

- ١ - إذا كانت السبيكة تذوب تماماً في حمض الهيدروكلوريك فإنها قد تتكون من بعض الفلزات التي تسبق الهيدروجين في السلسلة الكهروكيميائية .
- ٢ - إذا كانت السبيكة تذوب تماماً في حمض النتريك فإنها لا تحتوى على القصدير أو الأنثيمون .

- ٣ - إذا كانت السبيكة تذوب تماماً في الماء الملكي فإنها لا تحتوى على الفضة أو الرصاص .
- ٤ - أى سبيكة لا تذوب في أى من الأحماض السابقة فقد تحتوى على نسبة عالية من السيليكون أو قد تكون سبيكة من الفلزات النادرة التي لا يشملها هذا المقرر .

وتعتمد طريقة تحليل السبائك على نفس الأسس المستخدمة في تحليل الشق القاعدى في المخالط مع مراعاة ما يأتى :

مبادئ الكيمياء العملية



نسب العناصر الموجودة				درجة الانصهار °م	اسم السبيكة
أقل من ١٪	١-١٠٪	١٠-٥٠٪	٥٠٪ فأكثر		
حديد	رصاص - قصدير رصاص - خارصين	خارصين قصدير الومنيوم قصدير	نحاس نحاس نحاس رصاص حديد حديد بنزوت	١٠٠٠ ٩٥٠ ١٠٥٠ ٢٢٥ ١٥٠٠	النحاس الأصفر Brass البرونز Bronze برونز الألومنيوم سبيكة اللحام Solder الصلب Steel
منجنيز - كربون سيليكون منجنيز - كربون		نيكل - كروم رصاص - قصدير كاديوم	حديد بنزوت	١٤٠٠ ٧٠	الصلب غير القابل للصدأ سبيكة Wodd's alloy

١ - إذا كانت السبيكة لا تذوب في حمض الهيدروكلوريك فإن هذا يعني عدم وجود أى من فلزات المجموعة الأولى .

٢ - عند إذابة السبيكة في الماء الملّكي يجرى الكشف عن كلوريد الرصاص وكلوريد الفضة في الراسب المتخلف باستخدام الطريقة المتبعة لفصل كلوريدات المجموعة الأولى .

٣ - فيما عدا المغنسيوم فإن فلزات المجموعات الخامسة والسادسة لا تستعمل في صنع السبائك الشائعة . ولذا فإنه بعد فصل فلزات المجموعات الأولى إلى الرابعة يجرى الكشف مباشرة عن المغنسيوم بواسطة فوسفات الأمونيوم .

٤ - عند تدوين النتائج يجب مراعاة أن السبائك تتكون من الفلزات في حالتها العنصرية وليس على هيئة أيونات .

### ثانياً - اختبارات الإذابة :

لستخدم كمية صغيرة من السبيكة ( حجم حبتين من الأرز ) لإجراء الاختبارات الآتية :

#### ١ - الإذابة في حمض الهيدروكلوريك :

ضع قليلاً من السبيكة في أنبوبة اختبار ثم أضف ٧ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك (٦ ع) . إذا حدث تفاعل انتظر حتى تذوب العينة أو يقف التفاعل . أما إذا حدث تفاعل بطيء عند إضافة حمض الهيدروكلوريك سخن للدرجة الغليان ولاحظ إذا ما كانت سرعة التفاعل تزداد . أما إذا ظل التفاعل بطيئاً أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المركز وسخن مرة أخرى . ضع الأنبوبة في كأس به ماء ساخن وانتظر حتى تذوب العينة أو يقف التفاعل . افحص الراسب المتخلف إن وجد . إذا كان الراسب ثقيل قائم اللون (يرسب بسرعة في قاع الأنبوبة بعد رجها بلطف) فإنه قد يدل على وجود معدن غير ذائب . أما إذا كان الراسب قائم اللون معلق بالمحلول عند رج الأنبوبة فإنه يدل على وجود الكربون أو السيليكون .

#### ٢ - الإذابة في حمض النتريك :

أعد الاختبار السابق باستخدام حمض النتريك (٦ ع) بدلا من حمض الهيدروكلوريك . في حالة تخلف راسب قائم ثقيل فإنه قد يدل على وجود فلز غير ذائب . أما إذا تخلف راسب أبيض أو مائل إلى الاصفرار فقد يدل على وجود ثالث أكسيد الأنتيمون أو أكسيد القصدير.

### ٣ - الإذابة في الماء الملكي<sup>(١)</sup> :

نمّع قليلاً من السبيكة في أنبوبة اختبار ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك (٦ ع) في حالة حدوث تفاعل سريع انتظر حتى يهدأ ثم أضف سم<sup>٣</sup> حمض الهيدروكلوريك المركز . أضف عشر قطرات من حمض النترك قطرة قطرة مع التسخين بعد كل إضافة . ضع الأنبوبة في كأس به ماء ساخن حتى يقف التفاعل . لاحظ ما إذا كانت العينة تذوب تماماً أو جزئياً أو لا تذوب على الإطلاق .

### ثالثاً - طريقة العمل :

#### ( ٢ ) تحضير المحلول :

بعد إجراء الاختبارات التمهيدية السابقة لتحديد المذيب الصحيح . يذاب حوالي نصف جرام من السبيكة ( حجم ١٠ حبيبات من الأرز ) في قدر مناسب من الحمض المحدد بنفس الطريقة المستخدمة في اختبار الإذابة مع ملاحظة خواص الراسب المتخلف إن وجد .

١ - حمض الهيدروكلوريك : ضع حوالي ١ جرام من السبيكة في أنبوبة كبيرة ثم أضف ١٥ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك (٦ ع) وسخن فوق حمام مائي حتى تحصل على محلول رائق ثم أضف ١٠ سم<sup>٣</sup> من الماء وقلب المحلول .

٢ - حمض النترك : اتبع نفس الخطوات السابقة باستخدام ١٥ سم<sup>٣</sup> من حمض النترك (٦ ع) بدلا من حمض الهيدروكلوريك . ثم أضف ١٠ سم<sup>٣</sup> من الماء للمحلول الناتج :

٣ - الماء الملكي : ضع حوالي ١ جرام من السبيكة في أنبوبة كبيرة ، ثم أضف ٥ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المركز ، سم<sup>٣</sup> من حمض النترك المركز على دفعات مع التسخين لمدة دقيقة بعد كل دفعة . في حالة عدم ذوبان السبيكة سخن لمدة خمس دقائق . فإذا لم تذوب أضف كمية أخرى من حمض النترك على دفعات مع التسخين لمدة دقيقة بعد كل إضافة وفي النهاية سخن لمدة خمس دقائق . أضف ١٠ سم<sup>٣</sup> من الماء إلى المحلول الناتج وقلب جيداً .

( ١ ) يمكن التغاضي عن هذا الاختبار إذا كانت تذوب تماماً في حمض الهيدروكلوريك أو حمض النترك .

(ب) تحليل المحلول :

١- محلول السبيكة في حمض الهيدروكلوريك :

تتبع طريقة الكشف عن الشق القاعى في المخاليط للكشف عن المجموعات ٢ إلى ٦ •

٢- محلول السبيكة في حمض النريك :

تتبع طريقة الكشف عن التنسيق القاعى في المخاليط للكشف عن المجموعات ١ - ٦ :

٣- محلول السبيكة في الماء الملهى :

تكشف عن المجموعة الأولى في الراسب المتخلف إن وجد ويكشف في المحلول الراثق عن

المجموعات ٢ - ٦





القسم الثاني

التحليل الكيفي

للمركبات العضوية



## الباب السادس

### تنقية المواد العضوية

من النادر أن تؤدي التفاعلات الكيميائية العضوية إلى الحصول على المواد الناتجة في حالة نقية ، بل نجد أن هذه غالباً ما تكون مشوبة ببعض الشوائب التي تكون قد نتجت إما نتيجة لتفاعلات ثانوية وإما نتيجة إلى تأثير ظروف التجربة - إلى حد ما - على المواد العضوية التي يعرف أنها سريعة الاستجابة لهذه الظروف فتتفحم أو تتصمغ . لذلك يصحب تحضير المواد العضوية دائماً تنقيتها مما صاحبها من شوائب .

ومعظم المواد العضوية المتداولة في المعمل هي إما مواد جامدة وإما مواد سائلة . وتوجد كذلك بعض المواد العضوية على الهيئة الغازية .

ويوجه الباحث الكيميائي عناية فائقة واهتماماً بالغاً نحو موضوع تنقية المواد العضوية حيث إن نتائج تحليل المادة العضوية كيفاً كان أم كماً ، واستخدام هذه النتائج في إيجاد نسبة العناصر في المركب واستنباط الصيغة الكيميائية الجزيئية وغيرها من الخطوات التي تعتمد فيها كل خطوة على ما قبلها من الخطوات كل ذلك يتوقف أولاً وآخرأ على نقاوة المادة .

### تنقية المواد الغازية

لا توجد طريقة عامة لتنقية المواد العضوية الغازية ، وإنما تستخدم طريقة تتوقف في كل حالة على طبيعة الشوائب الغازية المختلطة بالغاز نفسه . فإن كان الشائب غازاً حمضياً التفاعل ، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون مثلاً ، وجب أن يمرر المخلوط على كاشف قلوي من هيدروكسيد الصوديوم الجامد أو صودا الجير الجامد . ولإزالة الشوائب الغازية قلوية التفاعل . مثل غاز النشادر ، فإنه يستخدم تبعاً لذلك كاشف من حمض معدني مخفف ، مثل حمض الكبريتيك المخفف ثم يجفف الغاز بكشف مجفف يزيل ما يكون قد علق به من بخار الماء وذلك بإمراره على كلوريد الكالسيوم اللامائي أو حمض الكبريتيك المركز أو خامس أكسيد الفوسفور . وفي كل حالة من هذه الحالات المذكورة ، يجب التأكد أولاً أن الكاشف المستعمل لإزالة الشائب ، لا يتفاعل مع الغاز المراد تنقيته ، فإذا أريد تجفيف غاز الإثيلين من بخار الماء مثلاً ، في هذه الحالة لا يني حمض الكبريتيك المركز بهذا الغرض حيث إنه يتفاعل أيضاً مع غاز الإثيلين نفسه :

- أما الغازات المتعادلة فإن تنقيتها تتطلب إستعداداً خاصاً وإبتكاراً لطريقة تنقية بالغرض المنشود لكل حالة على حدة ، ومن الطرق المستعملة لإسالة الغاز وبذلك يسهل فصله أو امتصاصه في مذيب عضوي مناسب ، ثم طرده منه بالتسخين .

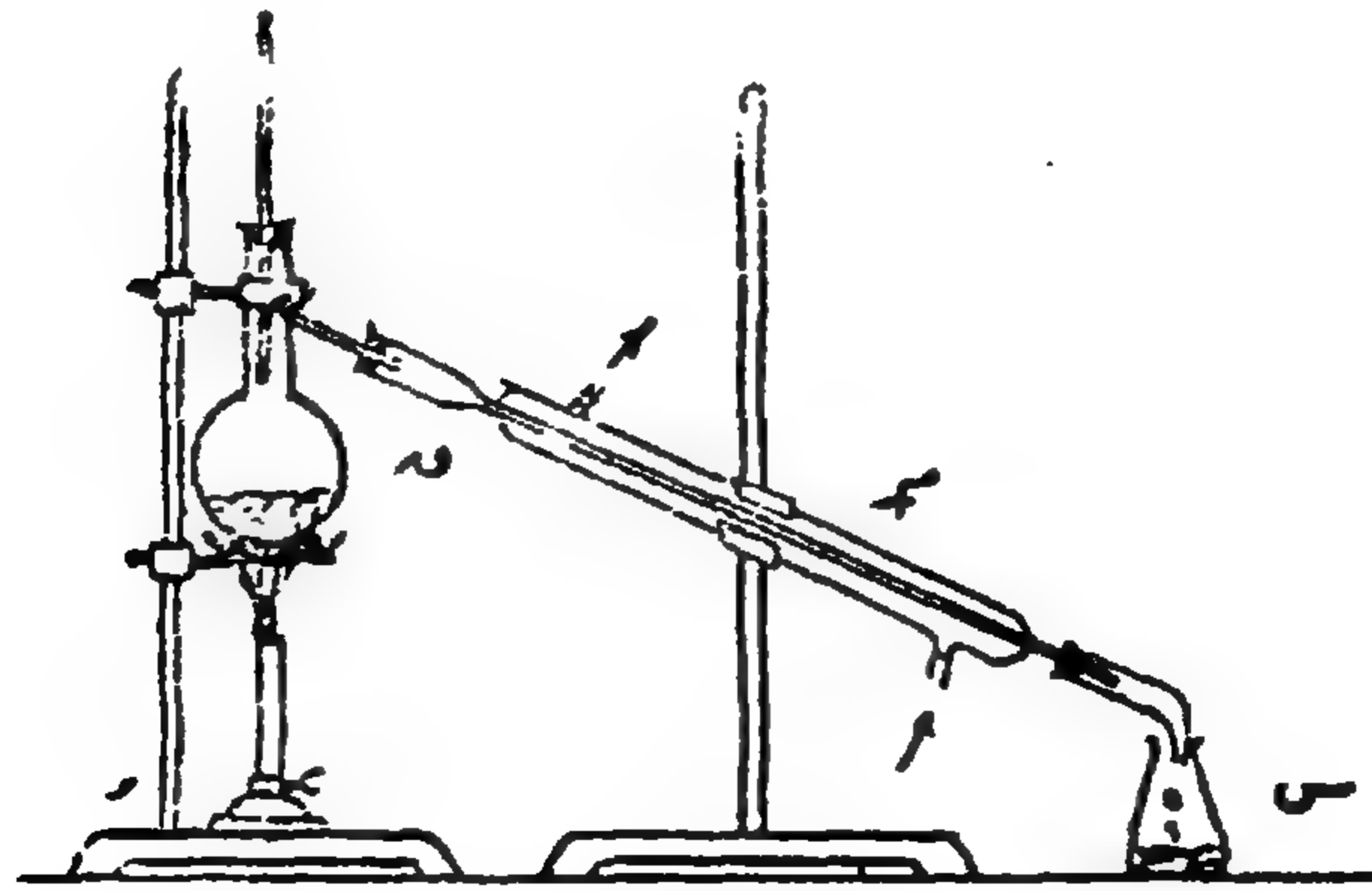
### تنقية المواد السائلة

تنقى المواد السائلة بطريقة تشترك فيها كل السوائل . وهى عملية التقطير ، ولكنها لا تجرى على نسق واحد بل تخور تبعاً لطبيعة السائل ومدى تحمله لدرجات الحرارة المرتفعة ، وغير ذلك من العوامل الأخرى . والطرق الأربع المستعملة في تقطير السوائل هى :

#### ( ١ ) التقطير العادى :

تتلخص عملية التقطير في تسخين السائل المراد تقطيره إلى درجة غليانه فيتحول إلى بخار الذى ينكثف إلى سائل مرة أخرى بالتبريد بواسطة مكثف ، ويستقبل السائل المقطر النقي في وعاء آخر يسمى بالمستقبل . وتنقى السوائل المشوبة بمواد جامدة غير متطايرة بهذه الطريقة .

ويتكون جهاز التقطير في أبسط صورة من قارورة التقطير ق ومثبت بفوهتها ترمومتر ، ومن مكثف م ومستقبل س ( شكل ٣ ) . أما عملية التقطير فتبتدى بتسخين السائل تدريجياً باستعمال مصدر للحرارة مناسب مثل شعلة مصباح بترن أو حمام رملى أو حمام مائى حسب ظروف كل سائل من حيث تطايره وقابليته للاشتعال . وتستمر عملية تسخين السائل حتى تصل درجة حرارة بخاره إلى درجة غليانه الحقيقية التى يسجلها الترمومتر المثبت في فوهة القارورة ،

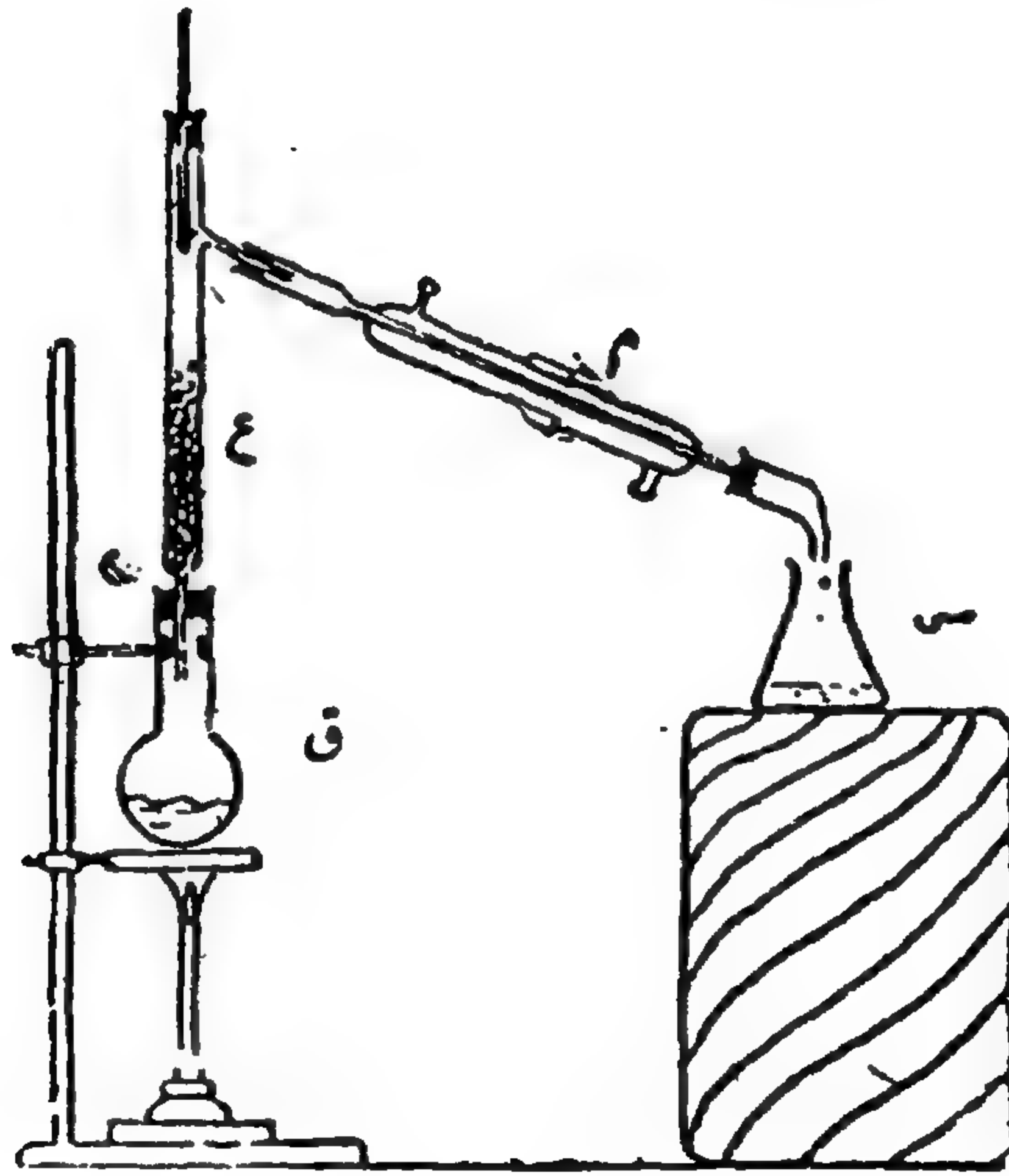


( شكل ٣ )

وعند ذلك يجمع السائل المتقطر في إناء الاستقبال . ويلاحظ أن لكل سائل نقي درجة غليان ثابتة طالما أن الضغط الواقع عليه لا يتغير ، وعند هذه الدرجة يكون ضغط بخار السائل مساوياً للضغط الجوي . وإذا لوحظ عند تقطير السائل أن درجة الحرارة تتذبذب ولا تثبت عند درجة حرارة معينة ، فمعنى ذلك أنه يوجد هناك سائل آخر ممتزجاً بالسائل الأول ، ويجب في هذه الحالة إما إيفاء التسخين وإما تغيير الوعاء المستقبل لاستقبال السائل الآخر .

### ( ب ) التقطير التجزيئي :

تستعمل عملية التقطير التجزيئي في فصل سائل ممتزج أو مشوب بسائل آخر ولصحة إجراء عملية التقطير التجزيئي لابد وأن يكون السائلان قابليين للتطاير ، ولا تختلف هذه الطريقة كثيراً عن الطريقة السابقة إلا في وجود ما يسمى بعمود التجزئة ( ع ) ويثبت بين دورق التقطير ( ق ) والمكثف ( م ) كما هو موضح ( بالشكل ٤ ) .



( شكل ٤ )

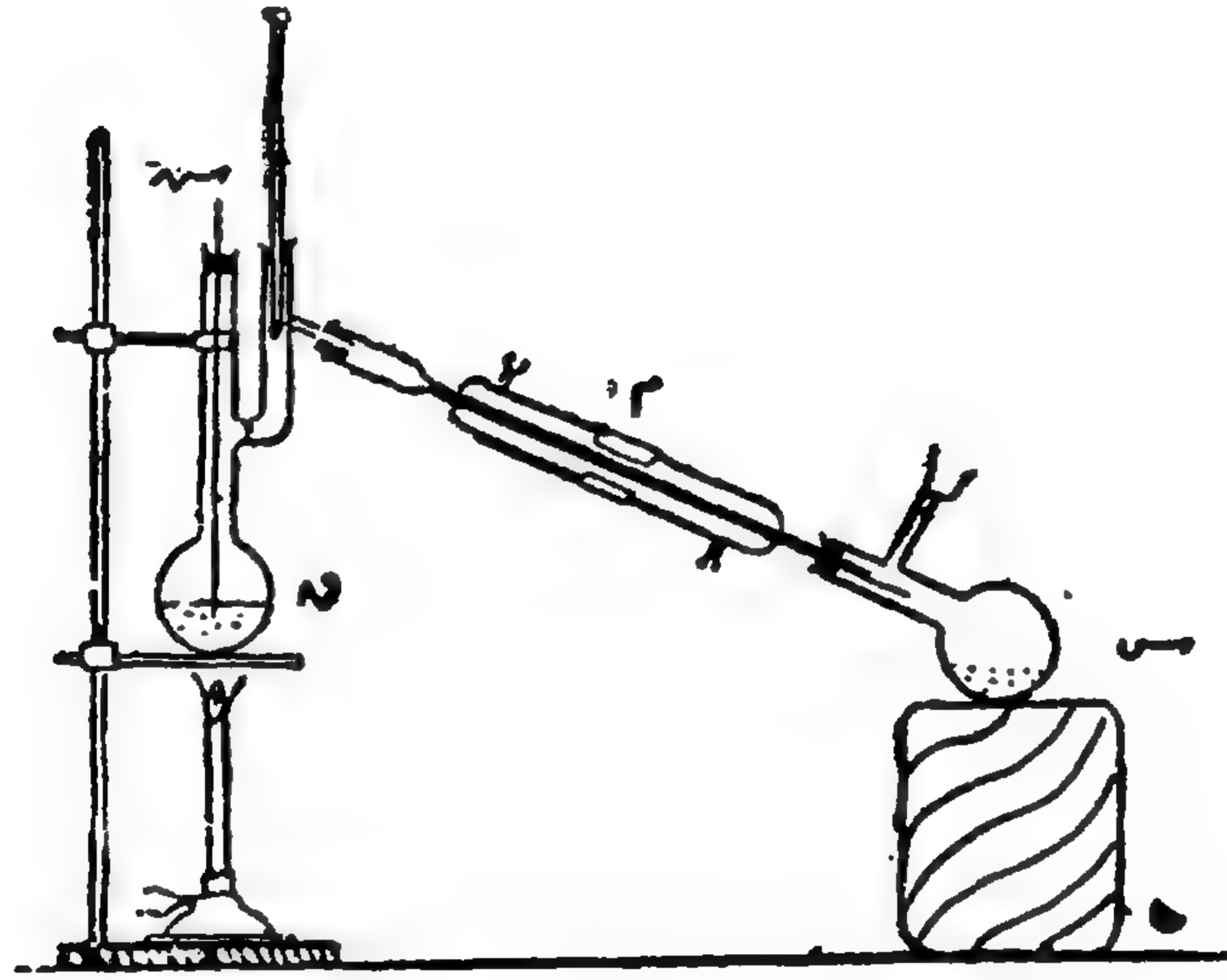
وعند تسخين مخلوط يتكون من سائلين يراد فصلهما ، فإن بخار السائل الأكثر تطايراً أي السائل ذي درجة الغليان المنخفضة - يستمر في التصاعد خلال عمود التجزئة حتى يمر منه ويتكثف ويجمع في وعاء الاستقبال ( س ) في حين أن السائل الآخر والأقل تطايراً - وهو السائل ذو درجة الغليان المرتفعة - فإن بخاره عند مروره بعمود التجزئة يتكثف ويرتد السائل المتكثف



ثانية إلى الدورق (ق) . وقد يلزم إعادة إجراء عملية التقطير التجزيئي على السائل المتحصل وذلك بغرض الحصول عليه في درجة نقية تماماً .

### ( ح ) التقطير تحت ضغط مخجل :

تعرض بعض السوائل العضوية ، وخاصة ما كان منها ذو درجة غليان مرتفعة ، إلى التكسير عند تسخينها تحت الضغط الجوي العادي : ولذلك فإن طريقة تنقيتها لا تجري بالطرق السابقة : وإنما يتم تقطيرها تحت ضغط مخجل . وفي هذه الحالة تنخفض درجة غليانها حيث يقل تعرضها للحرارة المرتفعة وبالتالي تقطر دون أن تتعرض إلى التكسير . ويتكون جهاز التقطير أساساً من الثلاث أجزاء المعروفة وهي قارورة التقطير والمكثف ووعاء الاستقبال ولكن يتحور بعضها في الشكل نظراً لإجراء التقطير تحت الضغط المخجل : [ قارورة التقطير في ( شكل هـ ) لها رقبتان ، وتسمى في هذه الحالة بقارورة كليزن .

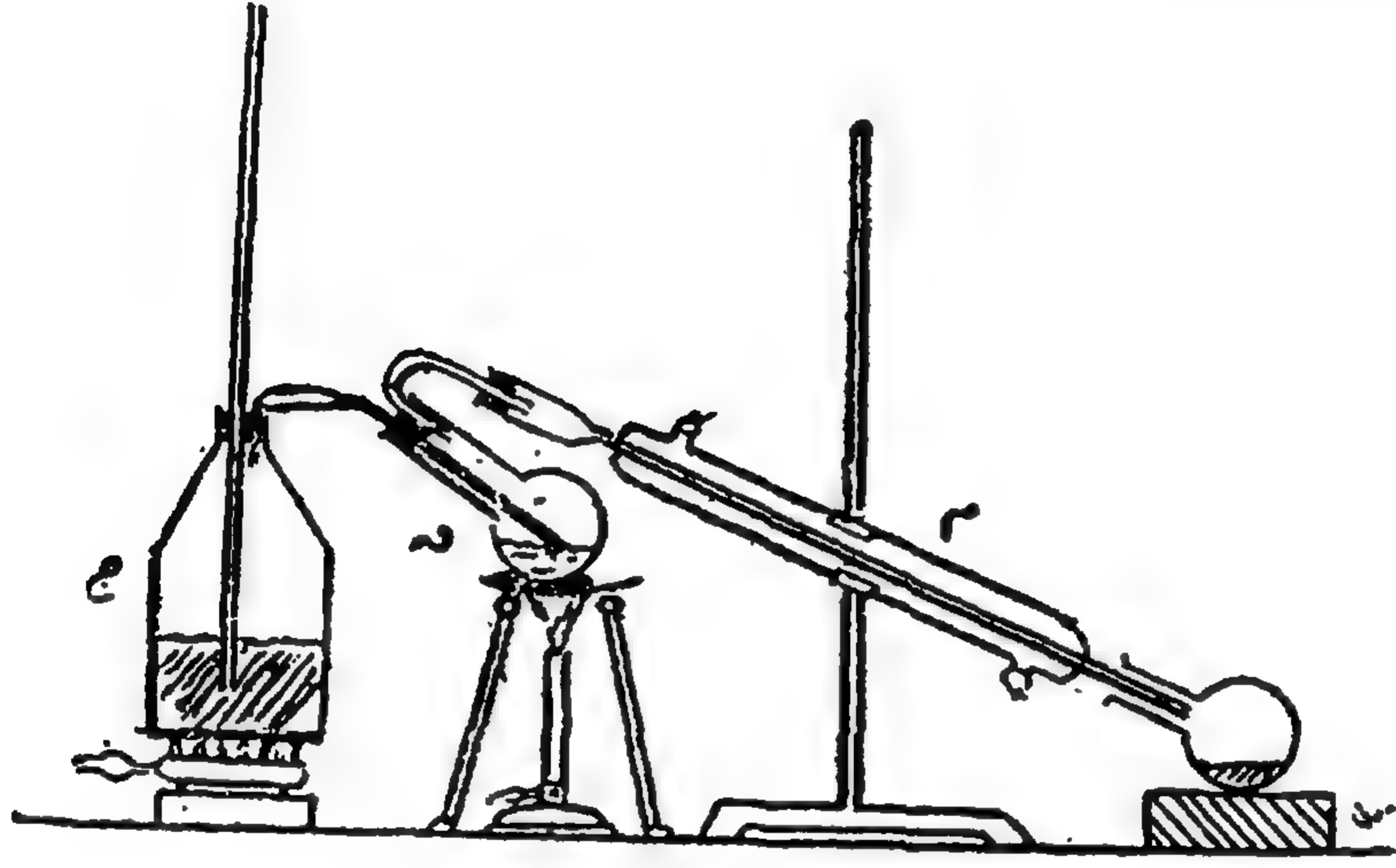


( شكل هـ )

ويثبت في إحدى رقبتي القارورة ترمومتر وفي الرقبة الثانية أنبوبة زجاجية شعيرية (ش) بحيث يغمس طرفها الرفيع في السائل الموجود بداخل القارورة : وتسمح هذه الأنبوبة بمرور تيار ضئيل من الهواء يظهر على هيئة فقائيع صغيرة في السائل وقت تشغيل الجهاز ( أي عند التفريغ ) . والغرض من هذا الابتكار هو مساعدة مزج الأجزاء الساخنة من السائل بالأجزاء الباردة منه أثناء التسخين وذلك لمنع حدوث ما يسمى بالغليان المفاجئ : أما وعاء الاستقبال فيتكون في أبسط صورة من دورق بوخنر متصل أنبوبته الجانبية القصيرة بجهاز تفريغ الهواء .

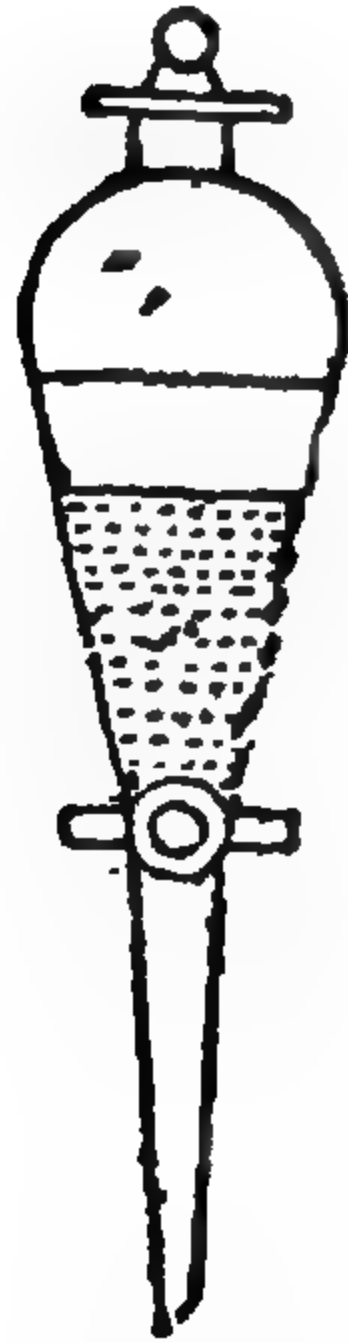
## (د) التقطير البخارى :

تستخدم هذه الطريقة فى تنقية السوائل القابلة للتطاير مع بخار الماء بشرط أن تكون عديمة الذوبان فى الماء . ويتكون الجهاز كما فى (شكل ٦) من مرجل نحاسى (ج) لتوليد بخار الماء متصل بقارورة (ق) بوضع بها السائل المراد تنقيته ، وينفذ من رقبة هذه القارورة أيضاً أنبوبة تتصل بالمكثف (م) .



(شكل ٦)

ويشغل الجهاز بإمرار بخار الماء فى السائل بالدورق (ق) الذى يسخن أولاً لضمان عدم تكاثف بخار الماء فيه ومع استمرار إمرار الماء فى السائل فإنه يتصاعد معه بخار السائل حيث يتكاثف الاثنان فى وعاء الاستقبال .



(شكل ٧)

وحيث أن السائل المقطر عديم الذوبان فى الماء فإنه يفصل عن الماء باستعمال قمع الفصل (شكل ٧) أما إذا كان حجم المادة المتكاثفة ليس بالقدر الكافى لإمكان فصلها مباشرة عن الماء ، فإنها فى هذه الحالة تستخلص من الماء بواسطة رج المزيج مع مذيّب عضوى سهل التطاير مثل الأثير ، ثم تفصل طبقة الأثير ، التى بها المادة المذابة بواسطة قمع الفصل ، وبعد إضافة مادة مجففة إليها مثل كلوريد الكالسيوم اللامائى أو كبريتات الصوديوم اللامائية ترشح ويطرد الأثير بالتقطير .

## تنقية المواد الحامدة

تنقى المواد الحامدة بإحدى الطرق الآتية :

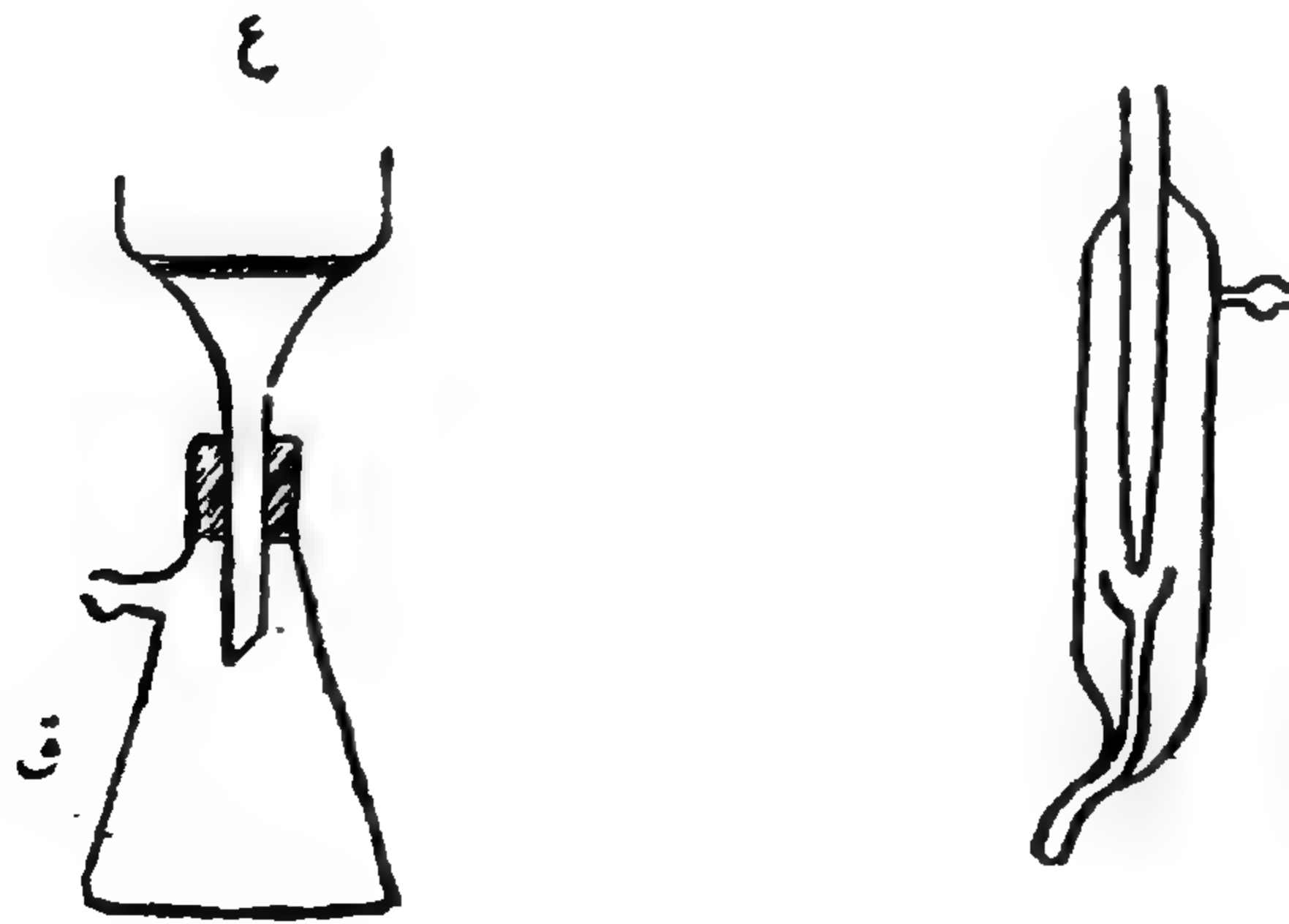
### (١) التبلر :

تجرى عملية التبلر للمادة الحامدة بأن تذاب فى أقل قدر ممكن من الماء الساخن أو أى مذيب عضوى ساخن مناسب مثل الكحول أو الأسيتون أو البنزول حتى نحصل على محلول مشبع من المادة . وبتبريد المحلول يبطء ، تنفصل المادة المذابة على هيئة بلورات نقية تجمع بواسطة الترشيح .

وإذا صحب تحضير المحلول المشبع للمادة ظهور لون ناجم عن وجود شائبة ، فإن اللون يزال بتسخين المحلول مع مقدار قليل من الفحم الحيوانى المنشط ، ثم يرشح المحلول الساخن ويترك ليبرد ثم تجمع البلورات المتكونة بالترشيح .

وتجرى عملية الترشيح السريعة باستخدام جهاز خاص متوافر فى المعامل الكيميائية يسمى مضخة الترشيح ص (شكل ٨) تصنع من الزجاج أو من المعدن . ويثبت طرفها العلوى بصنبور الماء بواسطة قطعة من المطاط ، أما الأنبوبة الجانبية فتتصل بواسطة قطعة أخرى من المطاط بقارورة بوخنر « ق » . تثبت فى فوهة هذه القارورة قمع بوخنر (ع) مبصنوع من الخزف ومثبت فى قاعدته قرص به ثقب كثيرة .

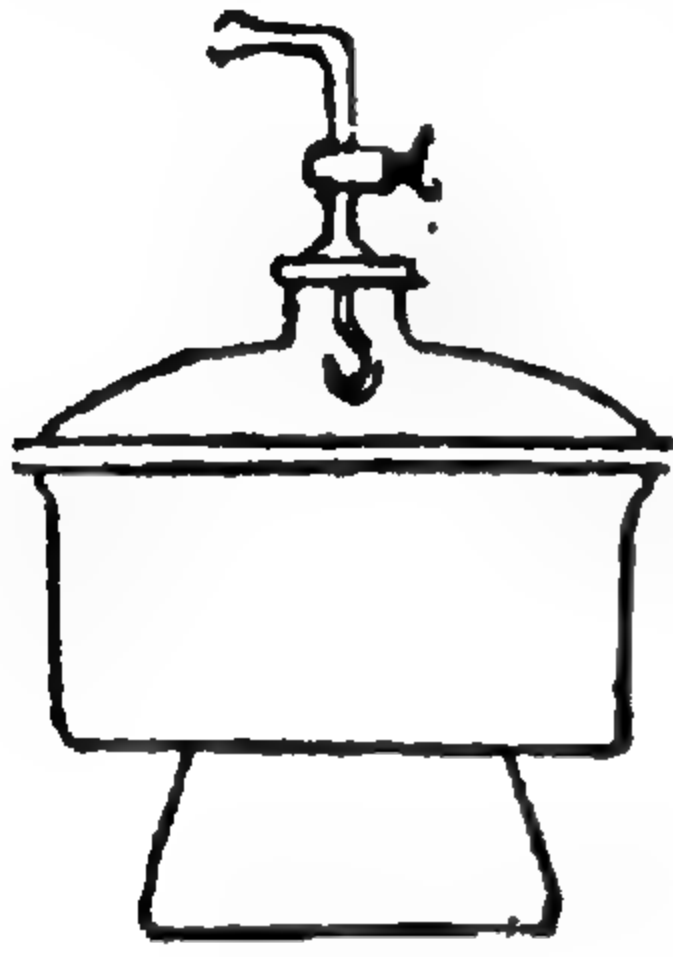
ويوضع فوق القمع . وقت الترشيح ورقة مستديرة مبللة تناسب قطر القرص . ويتم عملية



(شكل ٨)

الترشيح بصب المزيج المراد ترشيحه في القمع ثم فتح صنبور الماء فيتخلخل الضغط داخل الجهاز ويندفع السائل بقوة الضغط الجوى من القمع إلى القارورة تاركاً البلورات عالقة على ورقة الترشيح .

والبلورات التى تحصل عليها من عملية الترشيح السابقة ، تكون عادة مبللة بآثار ضئيلة من



( شكل ٩ )

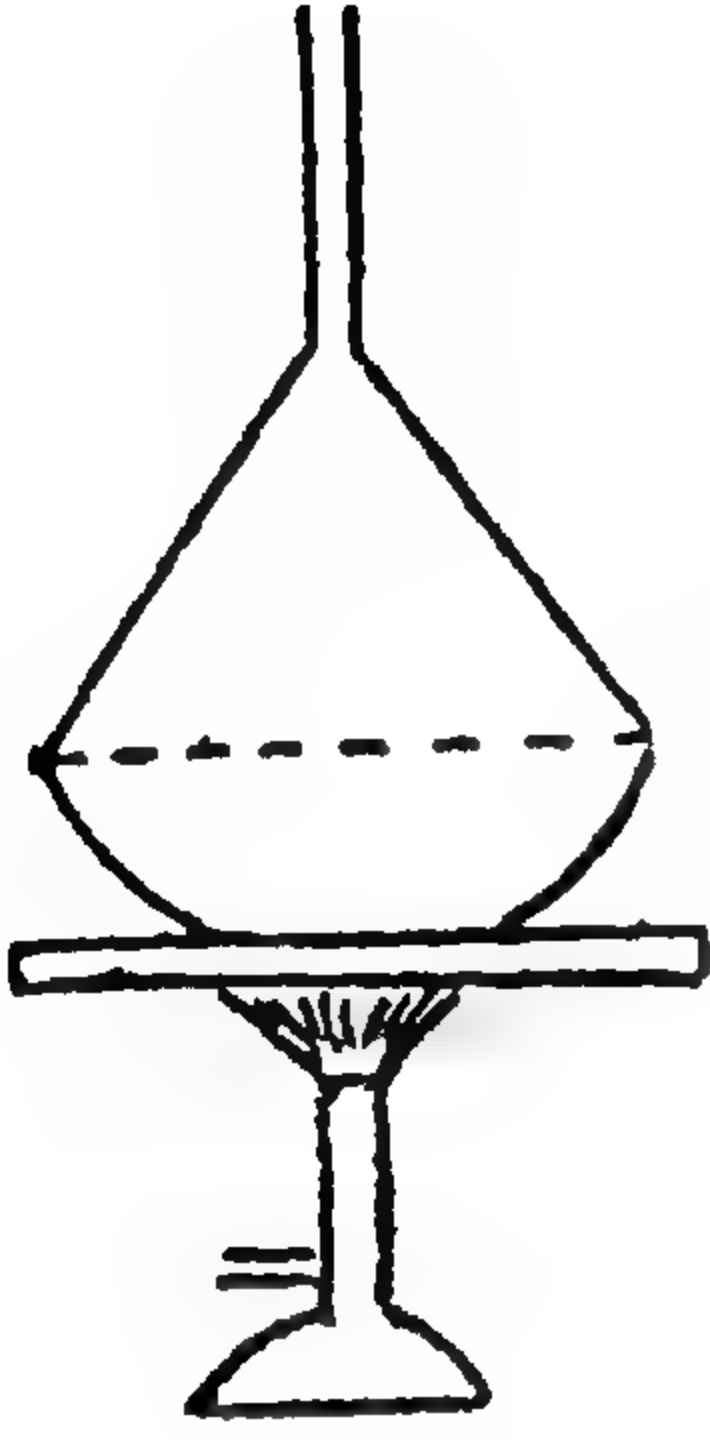
المذيب الذى يزال بوضع البلورات ، فى وعاء مناسب كرجاجة الساعة أو جفنة داخل مجفف ( شكل ٩ ) لمدة قد تطول وقد تقصر حسب الأحوال حتى تجف ، وذلك بمساعدة كاشف مجفف يوضع فى الجزء الأسفل من الجهاز ، ويكون له القدرة على امتصاص الآثار الباقية من المذيب ، ومن المواد المستعملة فى هذا الغرض كلوريد الكالسيوم اللامائى وحمض الكبريتيك المركز وخامس أكسيد الفسفور .

### ( ب ) التبلي التجزيئى :

إذا وجدت مواد عضوية جامدة على شكل مخلوط فإنه يمكن فصل كل صنف على حدة بواسطة عملية التبلي التجزيئى التى تتوقف على الفرق فى قابلية ذوبان المواد المختلفة فى مذيب ما : فإذا أريد فصل مخلوط يحتوى مثلاً على مادتين جامدتين فإنه يذاب فى أقل قدر من المذيب المناسب الساخن — مثلما اتبع فى عملية التبلور العادية — ثم يترك المحلول المشبع ليبرد ببطء . والملاحظ أن المادة الأقل ذوباناً فى هذا المذيب هى التى تنفصل أولاً على هيئة بلورات يمكن فصلها بالترشيح . أما المادة الأخرى ، وهى الأكثر ذوباناً فإنها تبقى ذائبة فى المحلول ويمكن الحصول عليها بتركيز المحلول بتبخيره قليلاً ثم تركه جانباً ليبرد ثم تجمع البلورات الناتجة بالترشيح وقلما يتم فصل كلتا المادتين فى حالة نقية تماماً بعملية واحدة . وإذا كان الملاحظ أن البلورات التى يحصل عليها من كل صنف تكون عادة مشوبة بمقدار ولو ضئيل من بلورات الصنف الثانى : والواجب حينئذ هو تكرار عملية التبلي التجزيئى مثنى وثلاث حتى يتم فصل كل مادة على حدة فى حالة نقية تماماً .

### ( ج ) التسامى :

تسامى بعض الأجسام الجامدة بالتسخين ، وعند تبريد أبخرتها تتكاثف إلى الحالة الجامدة مباشرة . وتستغل هذه الخاصية فى تنقية بعض المواد الجامدة وأبسط جهاز يوضح هذه العملية هو المبين فى ( شكل ١٠ ) ويتكون من جفنة يوضع بها المادة المراد تنقيتها ، وتغطى بورقة ترشيح مستديرة



(شكل ١٠)

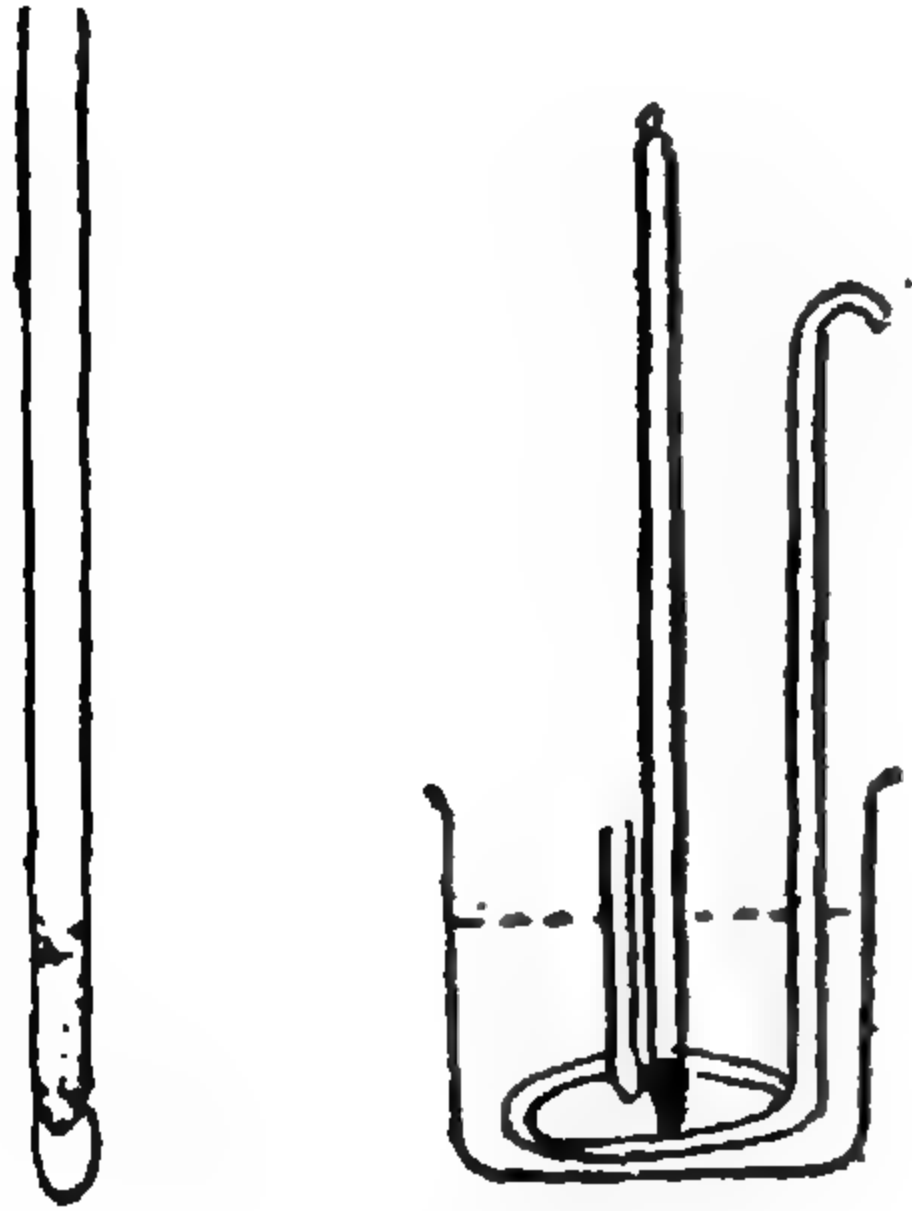
بها بعض الثقوب الصغيرة ، ويوضع فوقها قمع عادي معكوس الوضع ويقوم مقام المكثف . وعند تسخين المادة تتسامى وتقر أبخرتها خلال الثقوب الصغيرة الموجودة بورقة الترشيح ، وعند ملامستها للجدار الداخلي للقمع تبرد وتتكاثر إلى بلورات ، وتجمع هذه البلورات على الجدار الداخلي للقمع وكذلك فوق السطح العلوي لورقة الترشيح .

### مقياس نقاوة المادة العضوية :

تقاس نقاوة المادة العضوية السائلة بدرجة غليان لها قاطعة وثابتة . وتعين درجة غليان السائل عادة في نفس الوقت الذي يجري فيه تنقيته بالتقطير .

أما معيار نقاوة للمادة العضوية الجاهزة ، فيقاس بدرجة انصهار لها قاطعة وثابتة ، وتعين درجة انصهار المادة العضوية بالطريقة الآتية :

تجهز أنبوبة زجاجية شعيرية ويسد أحد طرفيها بتسخينها على لهب بترن ، ثم يوضع بها مقدار ضئيل من مسحوق المادة العضوية المراد تعيين درجة انصهارها ، وبواسطة الخاصية الشعرية تلتصق هذه الأنبوبة بجدار مستودع الزئبق لترمومتر مغموس في سائل يوضع بكأس زجاجي كما في (الشكل ١١) والسائل المستعمل يجب أن يكون ذا درجة غليان



(شكل ١١)

مرتفعة مثل زيت البرافين أو الجلسرين أو حمض الكبريتيك المركز ، ويسخن السائل بعد ذلك تدريجياً على لهب هين ويحرك في نفس الوقت بواسطة محرك لضمان توزيع الحرارة بين أجزائه المختلفة بالتساوي ، وعند انصهار المادة ( وذلك عندما تتحول جميعها من الحالة الجاهزة إلى الحالة السائلة ) تقرأ درجة الحرارة المبينة بالترمومتر وتؤخذ هذه على أنها درجة انصهار المادة التي لا يستغرق مدى انصهارها في أغلب الأحوال أكثر من درجة واحدة ، إذا كانت في حالة نقية تماماً أما إذا استغرق انصهارها أكثر من درجتين ، عدت المادة غير نقية ، ولزم إعادة تنقيتها بالتبلر ، كما سبق شرحه .



## الباب السابع

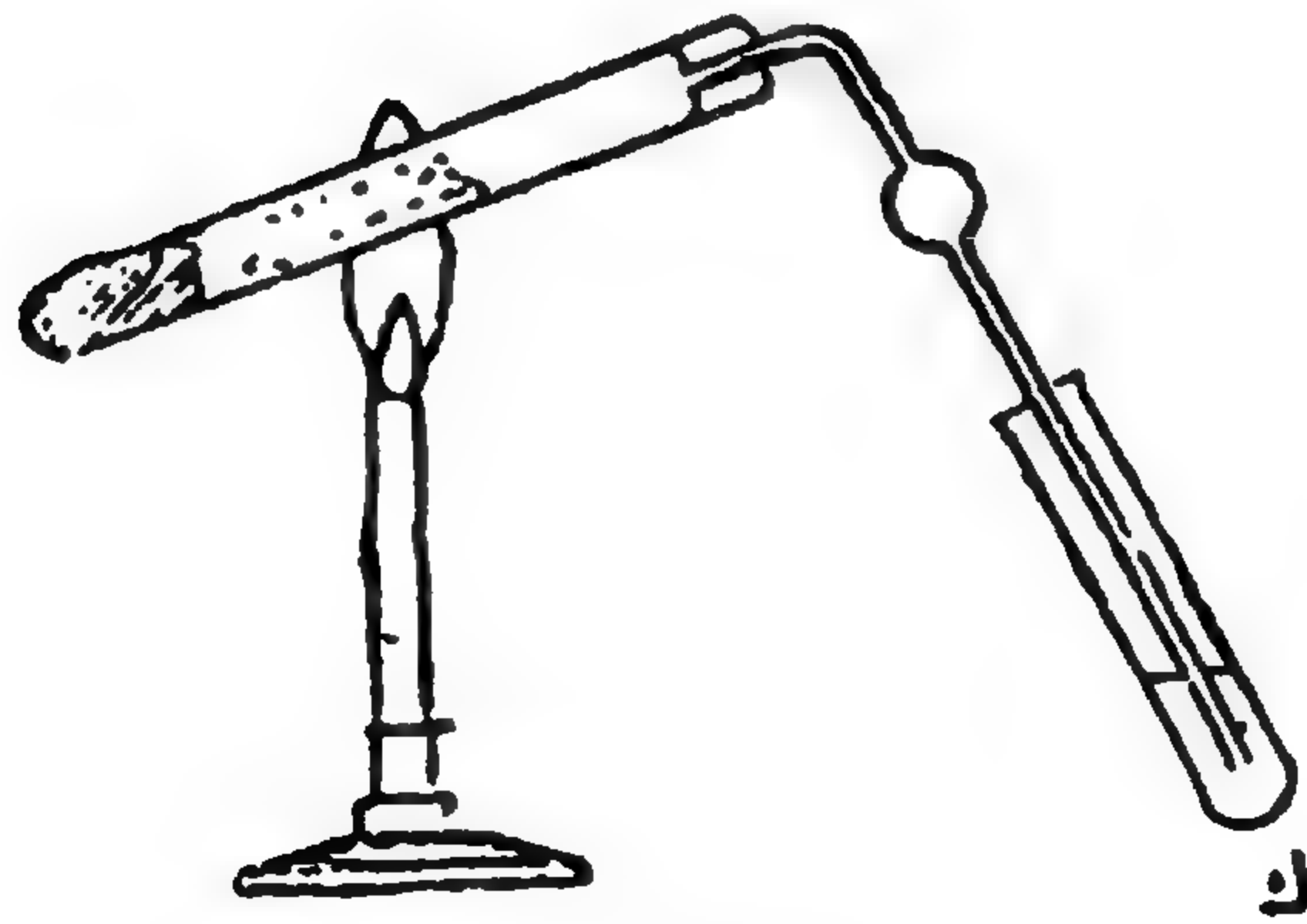
### التحليل الكيفي

يعبر عن الكشف عن العناصر في المركبات العضوية بالتحليل الكيفي . والعناصر الشائعة التي يجري الكشف عنها عادة في المركبات العضوية ، بخلاف الكربون الذي يوجد كعنصر أساسي في جميع المركبات العضوية ، هي الهيدروجين الأكسجين والنيتروجين والكبريت والهالوجينات . ومع ذلك فقد يوجد بالمركب العضوي أحد العناصر الأخرى مثل الفسفور والزرنيخ والزنك . . . إلخ .

#### أولاً - الكشف عن الكربون والهيدروجين :

يجري الكشف عن الكربون والهيدروجين في المركبات العضوية في خطوة واحدة ، وذلك بتسخين مخلوط مكون من مسحوق المادة العضوية مع مسحوق أكسيد النحاس الجاف في أنبوبة اختبار نظيفة جافة مثبت في طرفها أنبوبة توصيل ينفس طرفها الآخر في أنبوبة اختبار أخرى (ك) تحتوي على ماء الجير (محلول هيدروكسيد الكالسيوم) (شكل ١٢)

وعند تسخين هذا المخلوط تسخيناً شديداً بلهب بترن ، تنحل المادة العضوية ويتأكسد كل



(شكل ١٢)

من الكربون، والهيدروجين الموجود بها - بمساعدة أكسيد النحاس - إلى ثاني أكسيد الكربون والماء على الترتيب ، ويتصاعد بخار الماء الناتج حيث يتكثف جزء منه على الجدران الداخلية للانتفاخ الموجود بأنبوبة التوصيل . أما غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج فيمر في أنبوبة التوصيل حيث يسبب تعكير ماء الجير بالأنبوبة (ك) ، نتيجة لتكون كربونات الكالسيوم .  
ويلاحظ عند الانتهاء من إجراء التجربة أن جزءاً من أكسيد النحاس قد اختزل إلى فلز النحاس الأحمر .

### ثانياً - الكشف عن النتروجين :

يجرى الكشف عن النتروجين في المركبات العضوية بطريقة تسمى اختبار لاسان وذلك بصهر المادة العضوية المحتوية على عنصر النتروجين مع فلز الصوديوم في أنبوبة زجاجية صغيرة تسمى أنبوبة إشعال . وعند درجات الحرارة العالية ، تنحل المادة العضوية إلى عناصرها حيث يتحد فلز الصوديوم مع كل من الكربون والنتروجين لتكوين مركب سيانيد الصوديوم الذي يجرى الكشف عنه بالطريقة المعروفة وهي اختبار أزرق بروسيا وتجري التجربة كما يلي :

يوضع مقدار صغير من مسحوق المادة العضوية في أنبوبة الإشعال ثم يضاف إليها قطعة صغيرة براقية من فلز الصوديوم . تسخن الأنبوبة أولاً برفق إلى أن تبدأ المادة العضوية في التفحم . ثم ترتفع درجة الحرارة تدريجياً حتى ينصهر فلز الصوديوم وتتوهج جدران الأنبوبة وتبلغ درجة الاحمرار تغمس الأنبوبة وهي ساخنة في جفنة أو كأس صغير به حوالي ١٠ سم<sup>٣</sup> من الماء المقطر ، فتتشقق جدران الأنبوبة وتنكسر ويتفاعل ما تبقى بها من الصوديوم مع الماء مكوناً هيدروكسيد الصوديوم ويسخن المحلول الناتج بعد ذلك للدرجة الغليان لمدة قصيرة ثم يرشح لإزالة بقايا الزجاج وغيرها من المواد المتفحمة . ثم يؤخذ مقدار ٣ سم<sup>٣</sup> من الراشح الصافي في أنبوبة اختبار ويضاف إليه ١ سم<sup>٣</sup> من محلول مشبع من كبريتات الحديدوز في الماء الذي سبق تسخينه للدرجة الغليان وبذلك يتأكسد جزء منه إلى كبريتات الحديديك ويسخن المزيج للدرجة الغليان لمدة  $\frac{1}{4}$  دقيقة لإتمام التفاعل . يبرد المحلول بعد ذلك ويضاف إليه بضع قطرات من حمض الهيدروكلوريك المركز ( ويستحسن استعمال حمض الكبريتيك متوسط القوة ١ : ١ ) فإذا كانت المادة التي أجرى عليها الاختبار تحتوي على عنصر النتروجين فإنه في هذه الحالة ينتج لون أزرق مخضر ، وإذا كان الاختبار قد أجرى بعناية فإنه يتكون أيضاً علاوة على اللون ، راسب أزرق ( أزرق بروسيا ) نتيجة لتكون حديدوسيانييد الحديديك . أما إذا كان المركب العضوي خالياً من عنصر النتروجين فإذا المحلول يبقى - بعد إضافة الحمض - أصفر اللون .

ويمكن شرح ما يتم من تفاعلات في هذه التجربة بالمعادلات الكيميائية التالية .

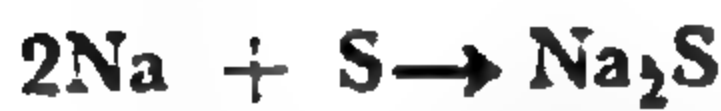
1.  $\text{Na} + \text{C} + \text{N} \rightarrow \text{NaCN}$
2.  $\text{FeSO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
3.  $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 6\text{NaCN} \rightarrow \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + 2\text{NaOH}$
4.  $3\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CH})_6 + 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 + 6\text{Na}_2\text{SO}_4$

### ثالثاً - الكشف عن الكبريت :

يعاد اختبار لاسان ( صهر المادة العضوية مع فلز الصوديوم ) أو يؤخذ ما تبقى من الراشح الصافي في التجربة السابقة ، ويجرى الكشف عن كبريتيد الصوديوم المتكون به ، بأحد الاختبارين التاليين ، أو بهما معاً .

( أ ) يضاف مقدار صغير من محلول نيتروبروسيد الصوديوم إلى مقدار صغير من الراشح حيث يتكون لون أرجواني .

( ب ) يضاف إلى جزء آخر من الراشح محلول خلاص الرصاص . حيث يتكون كبريتيد الرصاص على هيئة راسب أسود .



### رابعاً - الكشف عن الهالوجينات :

يكشف عن الهالوجينات في المركبات العضوية بإحدى الطريقتين الآتيتين :

#### ١ - اختبار بايلشتين :

يتلخص هذا الاختبار في أنه إذا سخنت المادة المحتوية على أحد الهالوجينات في ملامسة أكسيد النحاس في لهب مصباح بترن ، فإنه يتكون هاليد النحاس ، الذي يصنق على لهب المصباح لوناً أزرق يميل إلى الاخضرار نتيجة لتطايره .

ويجرى الاختبار على النحو التالي :

يؤخذ بسلك نحاسي سميك طوله حوالي ١٠ سم ويدفع أحد طرفيه في فلية لتقوم مقام المقبض . ثم يسخن الطرف الآخر للسلك في لهب مصباح بترن حتى يتأكسد ويخلو اللهب من أى لون . يغمس طرف السلك ، وهو ساخن . في مقدار قليل من المادة المراد إجراء التجربة عليها . ويعاد تسخينه حيث يتلون لهب المصباح بلون أزرق . في حالة احتواء المادة على أحد الهالوجينات .

وما يجدر ملاحظته أن بعض المركبات العضوية التي تحتوي على عنصر النروجين . ولا تحتوي على الهالوجينات . تعطى هذا الاختبار ، أى يتلون اللهب باللون الأزرق المشار إليه . وذلك نتيجة

لتكوين سيانيد النحاس المتطاير .

وعلى هذا لا يؤخذ بهذا الاختبار إلا إذا كان سالبا ، أى أنه يستخدم لنفى وجود أحد الهالوجينات بالمركب العضوى .

## ٢ - اختبار لاسان :

من المستحسن دائما إجراء هذا الاختبار للكشف عن وجود الهالوجينات بالمركب العضوى على الوجه التالى :

تعاد تجربة صهر المادة العضوية فى وجود فلز الصوديوم ، كما ذكر آنفاً ، ثم يؤخذ مقدار قليل من الراشح فى أنبوبة اختبار ، ويحمض بإضافة حمض النريك المخفف ، ثم يضاف إليه محلول نترات الفضة فيتكون فى الحال راسب أبيض أو أصفر ، تبعاً لنزرة الهالوجين الموجودة بالمادة للعضوية .



أما عند الكشف عن الهالوجينات بالمادة العضوية ، فى وجود أحد عنصرى النروجين أو الكبريت أو كليهما معاً ، فإن الاختبار يعمل على النحو التالى :

يضاف إلى الراشح الناتج ، بعد صهر المادة العضوية مع فلز الصوديوم ، بضع مستيترات من حمض الكبريتيك المخفف ، ثم يغلى المحلول الناتج حتى ينقص حجمه إلى مقدار الثلث ، ثم يضاف إليه ، بعد تبريده ، حمض النريك المخفف ، محلول نترات الفضة ، فإذا ظهر راسب من هاليد الفضة كان هذا دليلاً على وجود الهالوجين - والمقصود بإجراء التجربة على هذا النحو المعدل ، هو التخلص من النروجين على هيئة حمض الهيدروسيانيك المتطاير وإزالة الكبريت على هيئة كبريتيد الهيدروجين المتطاير ، وذلك قبل الكشف عن الهالوجينات ، وإلا تفاعل سيانيد الصوديوم أو كبريتيد الصوديوم الذى قد يوجد بالمحلول مع نترات الفضة معطياً راسباً قد يسبب اختفاء لون راسب هاليد الفضة .

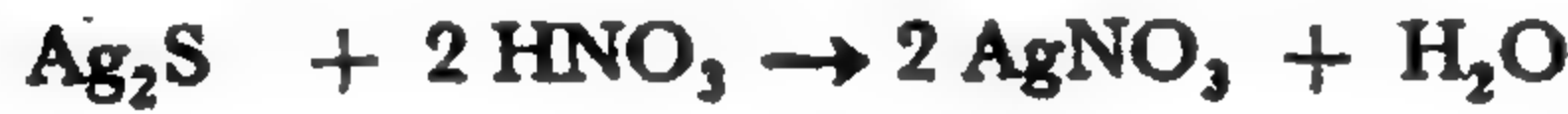




ويمكن الكشف عن الهالوجينات في وجود النتروجين أو الكبريت (أو كليهما) كما يلي :  
يضاف إلى المحلول القلوي الناتج من صهر المادة العضوية مع فلز الصوديوم مقدار زائد من  
محلول نترات الفضة ، حيث تظهر رواسب تتكون من بعض أو كل المركبات التالية :



ثم يضاف إلى هذه الرواسب قدر زائد من حمض النتريك المركز ، وعند التسخين تذوب  
جميع الرواسب المتوه عنها ، فيما عدا راسب هاليد الفضة فإنه لا يذوب .



أما إذا ذابت الرواسب بأجمعها عند معالجتها بالحمض ، كان هذا دليلاً على عدم وجود  
الهالوجينات :

ومما يجب الإشارة إليه ، أنه عند الكشف عن العناصر المشار إليها في المركبات العضوية ،  
يكنى إجراء تجربة واحدة لصهر المادة العضوية مع فلز الصوديوم ويستخدم الراشح الناتج من  
هذه التجربة في الكشف عن العناصر بالترتيب التالي :

النتروجين - الكبريت - الهالوجينات

### خامساً - الكشف عن الفلزات :

فيما عدا الفلزات المتطايرة، مثل الزرنيخ والزنك وما شاكلها ، فإن الفلزات الأخرى التي قد تدخل  
ضمن مكونات المركبات العضوية ، يكشف عنها بالطرق التحليلية المعتادة ، وذلك بعد صهر  
المادة عند درجة حرارة عالية، حيث يتحول الفلز إما إلى الأكسيد وإما إلى الكربونات، ثم يذاب  
الرماد المتخلف المحتوي على هذه المركبات في حمض الهيدروكلوريك المخفف ، ويكشف فيه عن  
الفلز :



## الباب الثامن

### الكشف عن المركبات العضوية البسيطة الهيدروكربونات

الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصرى الكربون والهيدروجين فقط . وهي تنقسم إلى قسمين رئيسيين :

( أ ) الهيدروكربونات العطرية ، وهي المركبات التي تحتوي على حلقة البنزول مثل البنزول والنافثالين والانتراسين . . . إلخ .

( ب ) الهيدروكربونات الأليفاتية ، وهي مركبات مشبعة مثل البارافينات أو غير مشبعة مثل الأليفينات أو الاستيلينات ، كما أنها قد تكون على هيئة حلقات كما في الهيدروكربونات الحلقية أو على هيئة سلسلة كما في الهيدروكربونات غير الحلقية .

ومن أمثلة هذه الهيدروكربونات بعض نواتج تقطير البنزول مثل الجازولين أو أثير البنزول .

### الهيدروكربونات العطرية

#### البنزول $C_6H_6$

#### الخواص الطبيعية :

البنزول سائل عديم اللون ، يغلي عند درجة  $80^\circ C$  ، وينصهر عند درجة  $5.5^\circ C$  وهو لا يختلط بالماء ( ينوب بنسبة ٠.٢٪ ) ولكنه يمتزج بجميع المذيبات العضوية – ويحترق البنزول بلهب مدخن مما يدل على وجود نسبة عالية من الكربون به ، ويستخدم البنزول كمذيب لبعض الدهون والصمغ والزيت .

#### الخواص الكيميائية :

#### ١ - اختبار التجمد :

ضع ١ سم<sup>٣</sup> من البنزول في أنبوبة اختبار جافة ، ثم بردها في المراء الثلج ، ولاحظ تجمد البنزول

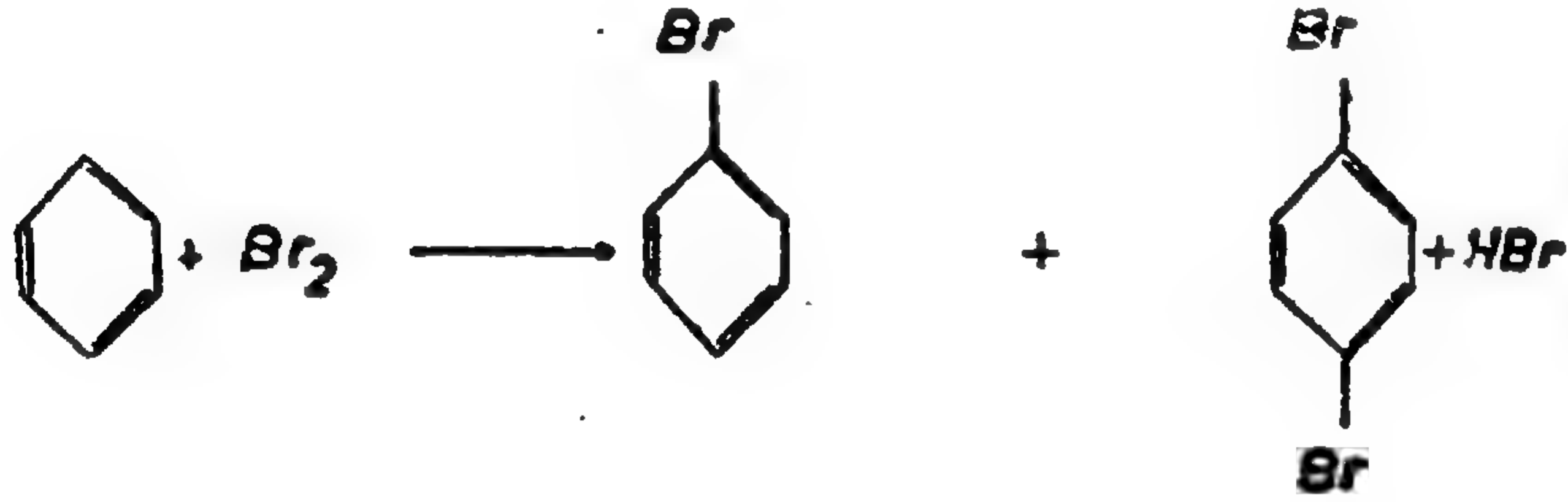
إلى جسم صلب عديم اللون - اترك الأنبوبة جانباً ، ولاحظ انصهار البترول إلى سائل بمجرد تدفئتها براحة اليد :

## ٢ - التأكسد والاختزال :

البترول مركب ثابت إلى حد كبير ، فهو لا يسهل اختزاله ولا أكسدته بالطرق المعتادة .

## ٣ - تفاعل الهالوجينات :

يتفاعل كل من الكلور والبروم مع البترول إما بالإضافة وذلك بإجراء التفاعل في ضوء الشمس : أو بالاستبدال بواسطة استخدام حامل للهالوجين مثل برادة الحديد . وعلى وجه العموم يتفاعل البروم مع البترول ببطء عنه في حالة الكلور ، ويتكون الناتج بطريقة الاستبدال مركب برومو البترول أوبارا - ثنائي برومو البترول :

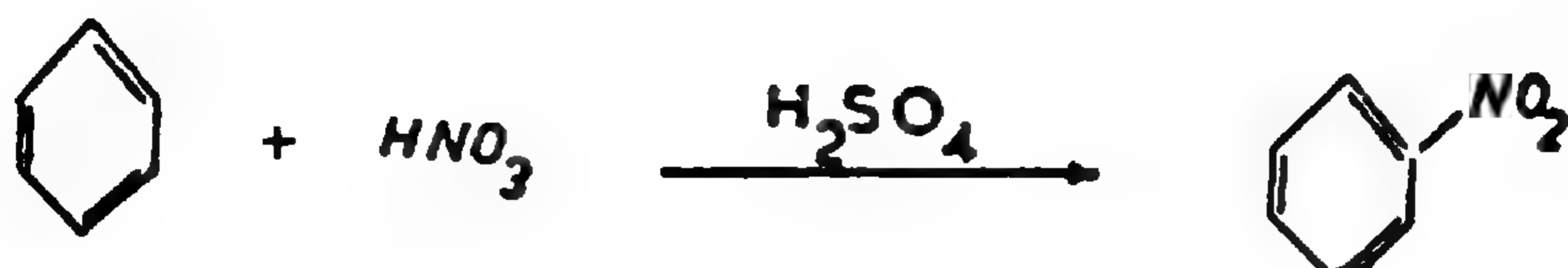


ضع ٢ سم<sup>٣</sup> من البترول في قارورة جافة تحتوي على قليل من برادة الحديد ، ثم أضف بضع قطرات من البروم ( ١/٣ سم<sup>٣</sup> ) - لاحظ أن التفاعل يبدأ ببطء أولاً ثم يسخن السائل فيشتد التفاعل مع تصاعد غاز بروميد الهيدروجين .

## ٤ - حمض النتريك المركز :

تتميز المركبات العطرية بسهولة تفاعلها نسبياً مع حمض النتريك المركز ، ويتلخص التفاعل في أن تحل مجموعة أو أكثر من مجموعات النتر محل ذرة أو أكثر من ذرات الهيدروجين بالمركب العطري - تسمى هذه العملية النترية .

ونستخدم هذه العملية للفرقة بين المركبات العطرية والمركبات الأليفاتية ، ويعطى البترول عند تفاعله مع حمض النتريك المركز في وجود حمض الكبريتيك المركز ، مركب النتروبنترول فقط .



ويمكن باستخدام أحماض أكثر قوة ، وفي درجات حرارة أكثر ارتفاعاً. إدخال مجموعة أخرى من مجموعات النتر ، وهي تدخل رئيسياً في موضع الميثا بالنسبة للمجموعة الأولى :  
أضف ١ سم<sup>٣</sup> من البترول تدريجياً إلى مخلوط من ٥ سم<sup>٣</sup> من حمض النريك المركز ، ٥ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز مع رج المزيج جيداً - لاحظ ارتفاع حرارة المزيج (برد إذا لزم الأمر) - صب السائل في كأس به حوالي ٥٠ سم<sup>٣</sup> من الماء البارد ولاحظ انفصال النتر بترول على هيئة زيت أصفر ثقيل (أثقل من الماء) .

#### ٥ - حمض الكبريتيك المركز :

تتميز المركبات العطرية كذلك بسهولة تفاعلها مع الكبريتيك المركز ، ويتنتج عن هذا التفاعل أن تحل مجموعة أو أكثر من مجموعات السلفونيك محل ذرة أو أكثر من ذرات الهيدروجين بالمركب العطري وتسمى العملية بعملية السلفنة .

ويتفاعل البترول مع حمض الكبريتيك المركز معطياً حمض البترول سلفونيك .



ويمكن باستخدام حمض الكبريتيك المدخن إدخال مجموعة أخرى من مجموعة السلفونيك ، وهي تدخل كذلك في موضع « الميثا » بالنسبة للمجموعة الأولى .

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من البترول إلى ٥ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ، ثم سخن المزيج فوق حمام مائي (درجة ١٠٠° م) مستخدماً مكثف راد - لاحظ اختفاء طبقة البترول ، برد السائل جيداً ثم صبه باحتراس في كأس به ماء بارد ، ولاحظ تكون محلول متجانس ، وذلك لأن حمض البترول سلفونيك يذوب في الماء البارد .

عند استعمال حمض الكبريتيك المدخن تختفي طبقة البترول سريعاً دون الحاجة إلى تسخين .

#### ٦ - تكوين البكرات :

تكون أغلب الهيدروكربونات العطرية مركبات مزدوجة مع حمض البكريك تعرف بالبكرات ولا يمكن فصل بكرات البترول إلا بصعوبة كبيرة ، وهي لذلك لا تستخدم في الكشف والتعرف على مركب البترول .

## الطولوين $C_6H_5 \cdot CH_3$

الطولوين سائل عديم اللون ، ذو رائحة خاصة مميزة ، وهو يغلي عند  $110^\circ$  وينصهر عند  $-93^\circ$  م ، وهو لا يختلط بالماء ، ويمتزج بالمذيبات العضوية . وهو يشبه البترول في أنه أخف من الماء ، ويشتعل بلهب ملخن ، وفي أنه يستعمل كمذيب لكثير من المواد العضوية .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - اختبار التجمد :

لا يتجمد الطولوين بسهولة كما في حالة البترول ، بل يحتاج الأمر إلى خفض درجة الحرارة إلى  $-93^\circ$  م ، ويستخدم هذا الاختبار للفرقة بين الطولوين والبترول .

#### ٢ - التأكسد والاختزال :

لا تتأثر نواة البترول في مركب الطولوين سواء بالاختزال أو التأكسد وهو يشبه في ذلك مركب البترول - ولكن تتأثر مجموعة الميثيل الموجودة في الطولوين ببعض المواد المؤكسدة ، فهي تتحول مثلاً إلى مجموعة الكربوكسيل في وجود أكسيد الكروميك وحمض الخليك أو في وجود ثاني كرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك ، أي أن الطولوين يتأكسد إلى حمض البترويك .

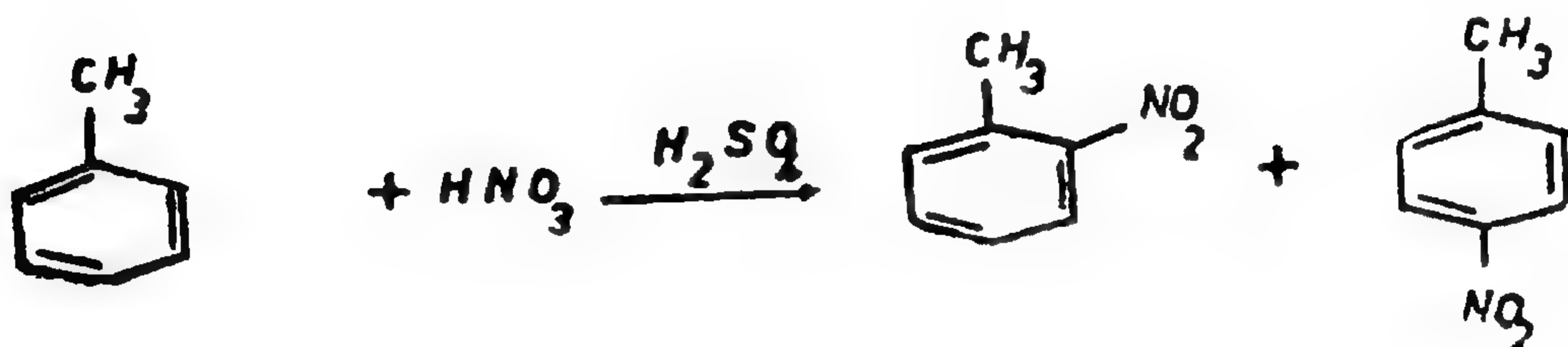


أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من الطولوين إلى المحلول الناتج من إذابة ٦ جم من ثاني كرومات البوتاسيوم في ١٥ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز (أو ٥ جم من أكسيد الكروميك في ٢٠ سم<sup>٣</sup> من حمض الخليك ، ثم سخن المزيج الناتج باستعمال مكثف راد لمدة ثلاث ساعات - تخلص من الزيادة من من ثاني كرومات البوتاسيوم بامرار غاز ثاني أكسيد الكبريت ثم عادل المحلول بمعالجته بمحلول مشبع من كربونات الصوديوم (يجب الإحتراس) .

ركز المحلول القلوي الناتج ، ثم حمضه بحمض الكبريتيك المخفف ، ورشح الصلب الناتج ، وعين درجة انصهاره (ينصهر حمض البترويك عند  $121^\circ$ ) .

### ٣ - حمض النتريك المركز :

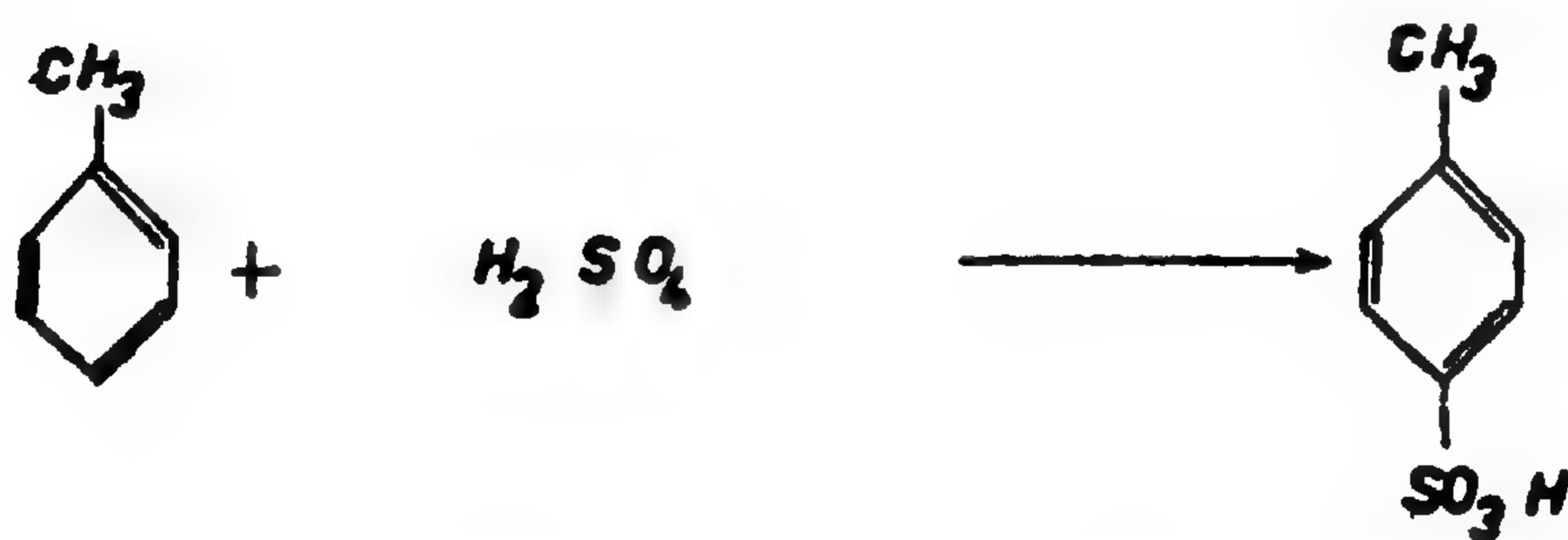
يتفاعل حمض النتريك المركز في وجود حمض الكبريتيك المركز معطياً مخلوطاً من مركبي أورثو - وبارا - نيترو الطولوين .



أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من الطولوين تدريجياً إلى مخلوط من ٣ سم<sup>٣</sup> من حمض النتريك المركز و ٣ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز مع رج المزيج جيداً وتبريده . سخن المخلوط بعد ذلك تدريجياً لمدة  $\frac{1}{4}$  دقيقة ، ثم برده مرة أخرى ، وصبه في كأس به ماء بارد (حوالي ٥٠ سم<sup>٣</sup>) ، ولاحظ انفصال النيترو طولوين على هيئة زيت أصفر .

### ٤ - حمض الكبريتيك المركز :

يتفاعل الطولوين مع حمض الكبريتيك المركز بالاستبدال ، حيث تحل مجموعة السلفونيك محل ذرة من الهيدروجين لتكوين حمض بارا - طولوين سافونيك ، ويمرر التفاعل بتسخين الحمض المركز مع زيادة من الهيدروكربون ، بحيث يتصاعد الماء الناتج في التفاعل مع الزيادة من الهيدروكربون ويستخدم في هذه العملية جهاز خاص لفصل الماء .



سخن للدرجة الغليان مخلوطاً من ٤٠ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ، ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> من الطولوين في الجهاز الخاص بذلك وذلك لمدة خمس ساعات حيث يتجمع في جهاز فصل الماء حوالي ١٨ سم<sup>٣</sup> من الماء .

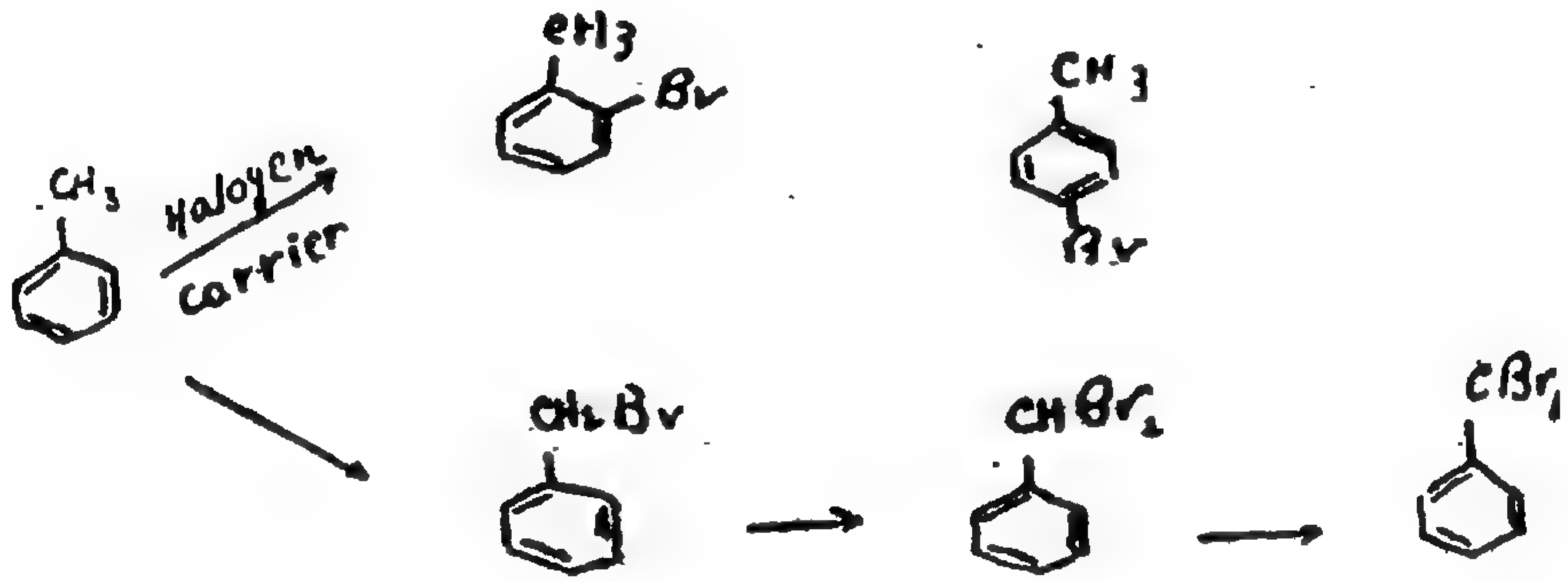


قطر الزيادة من الطلويين ، ثم أضف إلى المادة المتبقية حوالي ١٢,٥ سم<sup>٣</sup> من الماء حيث تتحول إلى مادة متصلبة متبلرة من هيدرات حمض بارا - طولوين سلفونيك الذي يمكن إعادة تبلرها من كمية صغيرة من الماء حيث تنصهر عند درجة ٩٢°م (الناتج حوالي ٩٢ جم) .

#### ٥ - تفاعل الهالوجينات :

يتفاعل كل من البروم والكلور مع الطلويين ، إما بالاستبدال في نواة البنزول أو في المجموعة الجانبية وهي مجموعة الميثيل .

ويم الاستبدال في نواة البنزول بفعل الهالوجينات في وجود إحدى المواد حاملة الهالوجين مثل كلوريد الحديدك أو اليود أو ثنائي الألومنيوم والزنك ، ويتبع في هذه الحالة أورثو - وبارا - برومو الطلويين



أما في وجود الضوء ، وفي غياب العوامل المساعدة أو برفع درجة الحرارة (الفلان) فإن الهالوجينات تتفاعل مع مجموعة الميثيل حيث تمل ذرة أو أكثر من الهالوجين محل ذرة أو أكثر من ذرات الهيدروجين بها معطية بروميد البتريل أو بروميد البترال أو ثلاثي برومو البنزول .

#### ٦ - تكوين البكرات :

يعطى الطلويين مركباً مزدوجاً مع حمض البكريك يسمى البكرات ، ولكن يصعب فصل هذا المركب .

## النفثالين $C_{10}H_8$

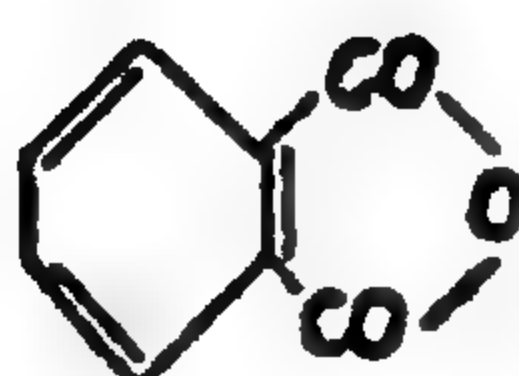
### الخواص الطبيعية :

النفثالين مادة صلبة بيضاء ذات رائحة خاصة مميزة تشبه رائحة القطران ، وهو ينصهر عند  $80^\circ\text{C}$  ويغلي عند  $218^\circ\text{C}$  . والنفثالين يتطاير في درجات حرارة أقل من درجة انصهاره وهو لذلك سهل التسامي — وهو لا يذوب في الماء ، سهل الذوبان في البترول والكحول والأثير ، كما أنه يشتعل بلهب مدخن مثل البترول والبطولوين ، وهو ينتج صناعياً من قطران الفحم :

### الخواص الكيميائية :

#### ١ — الأكسدة :

تتأثر المركبات العطرية التي تحتوي على أكثر من حلقة من حلقات البترول ببعض المواد المؤكسدة بسهولة نسبياً عنها في حالة مشتقات البترول نفسه فمثلاً يتحول النفثالين في وجود المواد المؤكسدة إلى اندريد حمض الفثاليك أو حمض الفثاليك نفسه ، وأحياناً إلى النافثوكوينون ؛  
فيتأكسد النفثالين في وجود حمض الكبريتيك ، وكبريتات الزئبق إلى حمض أو أندريد الفثاليك ، في حين يتأكسد إلى مركب النافثوكوينون بواسطة حمض الكروميك في وجود حمض الخليك .

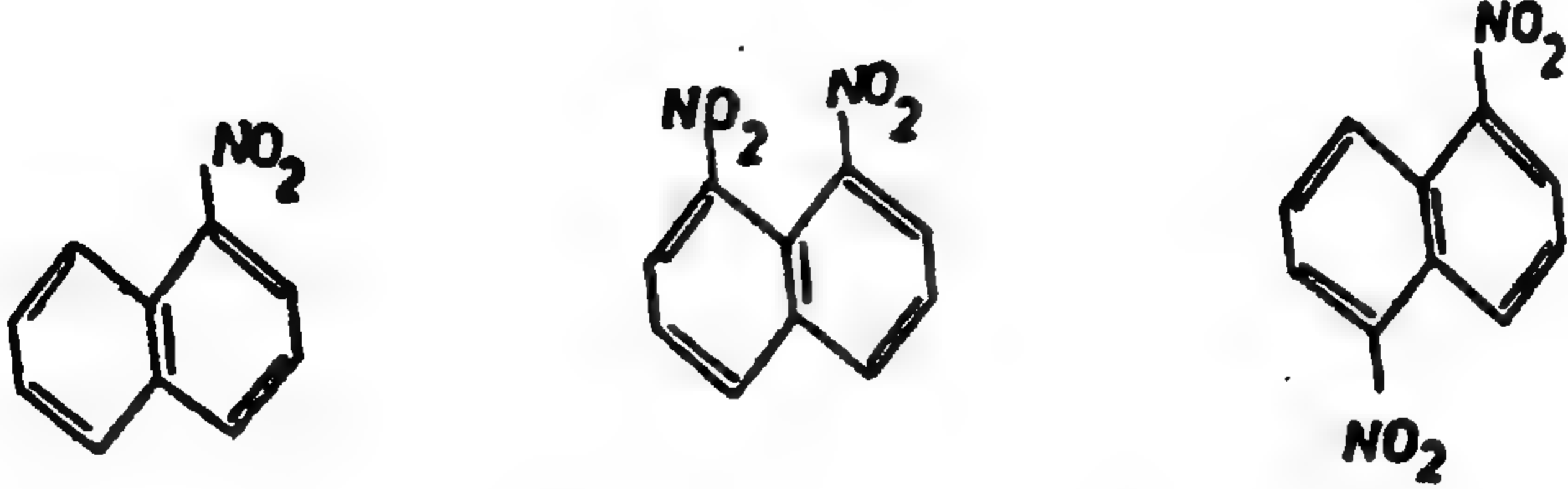


ولا يستخدم هذا التفاعل للكشف عن النفثالين .

#### ٢ — حمض النتريك المركز :

يتفاعل حمض النتريك المركز ، في وجود حمض الكبريتيك المركز من النفثالين حيث يتكون مركب ألفا — نرونافتالين ويمكن إدخال مجموعة أخرى من مجموعات النترو في نواة النفثالين

لتكوين ثنائي نيترو النافثالين ، وذلك بفعل مزيد من حمض النيتريك والكبريتيك المركزين تحت بعض الظروف الخاصة .



الف - نيترونافثالين

١ : ٨ - ثنائي نيترونافثالين

١ : ٥ - ثنائي نيترونافثالين

أذب ، بالتسخين  $\frac{1}{4}$  جم من النافثالين في  $3\text{ سم}^3$  من حمض الخليك الثلجي ثم برد المحلول الناتج - أضيف  $1\text{ سم}^3$  من حمض النيتريك المركز ، ثم سخن المحلول باحتراس لمدة حوالى دقيقة - برد المحلول ، ثم صبه في كأس به  $25\text{ سم}^3$  ماء ، لاحظ انفصال مركب النترو ذى اللون الأصفر :

### ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

يتفاعل النافثالين مع حمض الكبريتيك المركز معطياً حمض النافثالين سلفونيك ويعتمد للوضع الذى تدخل فيه مجموعة حمض السلفونيك على الحرارة التى يجرى عندها التفاعل ، فمثلاً يتج حمض ألفا - نافثالين سلفونيك من تفاعل النافثالين مع حمض الكبريتيك المركز عند درجة حرارة تتراوح بين  $50 - 80^\circ\text{C}$  م فى حين يتج حمض بيتا - نافثالين سلفونيك فى درجات حرارة أعلى من ذلك .



أضيف  $40\text{ جم}$  من حمض الكبريتيك المركز تدريجياً إلى  $25\text{ جم}$  من النافثالين عند درجة حرارة  $160^\circ\text{C}$  واحتفظ بدرجة الحرارة عند هذا الحد لمدة عشر دقائق . اترك المحلول جانباً ليبرد قليلاً ، ثم صبه باحتراس فى كأس يحتوى على  $300\text{ سم}^3$  من الماء البارد . برد المحلول الناتج جيداً ، لاحظ انفصال حمض بيتا - نافثالين سلفونيك على هيئة هيدرات صلبة . ويمكن إعادة تبلور

الحمض بإذابته في  $\frac{1}{4}$  وزنه من الماء عند  $300^{\circ}\text{C}$  وإضافة  $\frac{1}{6}$  وزنه من حمض الهيدروكلوريك المركز (درجة انصهار حمض بيتا - نافتالين سلفونيك  $83^{\circ}\text{C}$  م) .

#### ٤ - تكوين البكرات :

يكون النافتالين مع حمض البكريك مركباً مزدوجاً أصفر اللون .



كون محلولاً مركزاً من حمض البكريك في الاستيون البارد ، ثم كون محلولاً مركزاً آخر من النافتالين في الاستيون أيضاً أضف كميات متكافئة من المحلول الأول إلى المحلول الثاني ( حوالى ٢ سم<sup>٣</sup> من كل منهما ) ثم رج المحلول الناتج جيداً ، واتركه جانباً لمدة حوالى دقيقة - لاحظ إنقصال بلورات إبرية صفراء من بكرات النافتالين .

### الانتراسين

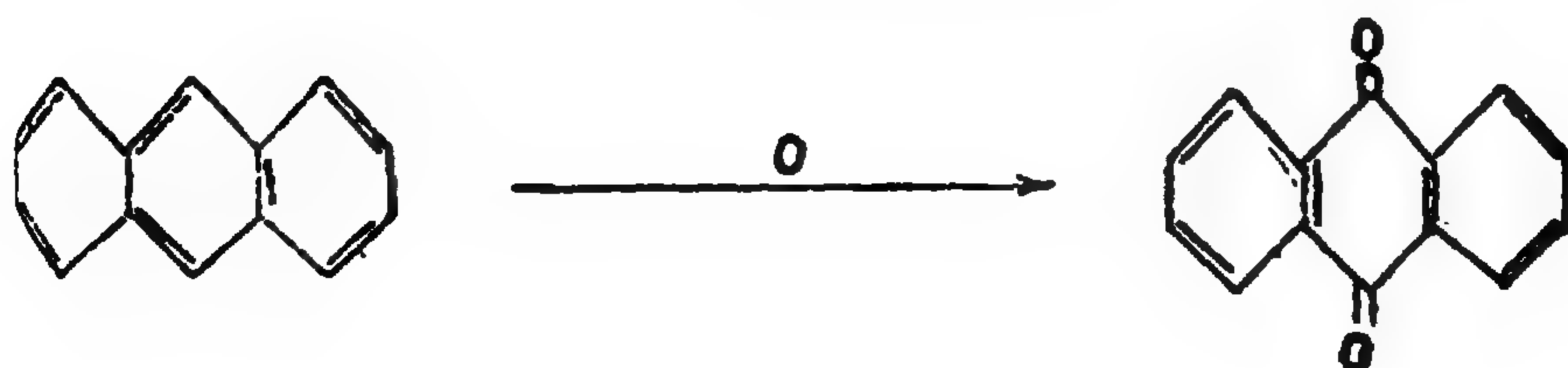
#### الخواص الطبيعية :

الانتراسين مادة صلبة توجد على هيئة بلورات عديمة اللون تتألق بلون باهت يميل إلى الزرقة ، وهو ينصهر عند  $213^{\circ}\text{C}$  م ويغلي عند  $351^{\circ}\text{C}$  م والانتراسين لا يذوب في الماء ويذوب بقلّة في أغلب المذيبات العضوية - وإن كان سهل الذوبان إلى حد ما في البترول .  
ويستخدم الانتراسين وبعض مشتقاته في صناعة الأصباغ .

#### الخواص الكيميائية :

##### ١ - الأكسدة :

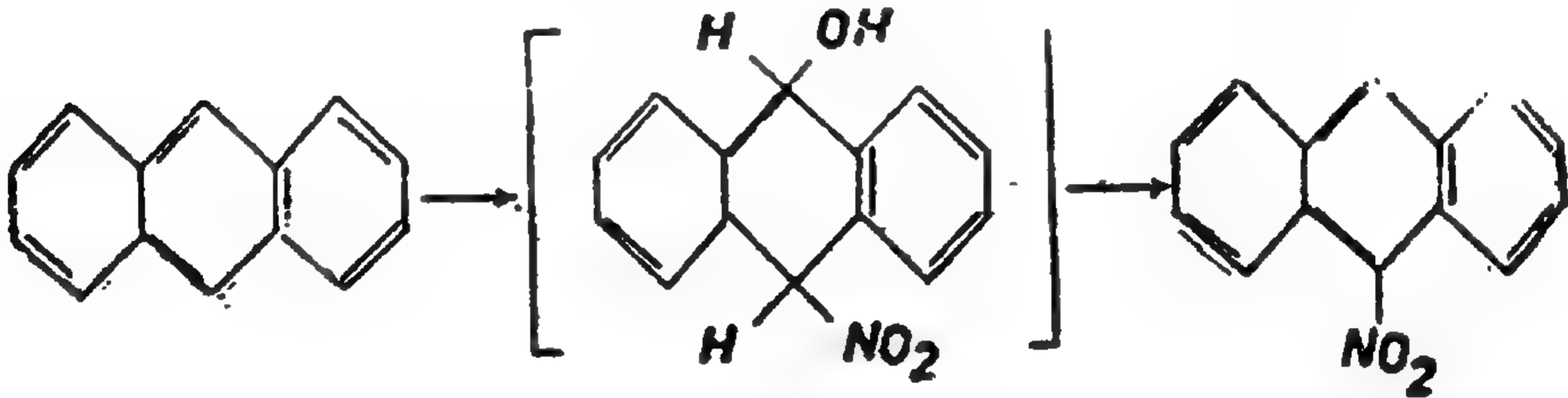
يتأكسد الانتراسين بسهولة نسبياً ، إلى مركب الانثراكينون . وذلك في وجود بعض المواد المؤكسدة مثل حمض الكروميك في وجود حمض الخليك .



أذب ٣ جم من الانتراسين المبحوق جيداً في حوالى ١٤٠ سم<sup>٣</sup> من حمض الخليك الثلجى . وذلك بالتسخين للدرجة الغران باستعمال مكثف راد - جهاز محلولا من ٣٠ جم من أكسيد الكروميك في مخلوط من ١٥ سم<sup>٣</sup> من الماء و ٢٥ سم<sup>٣</sup> من حمض الخليك ، ثم أضف هذا المحلول على قطرات إلى المحلول الأول الساخن في درجة الغليان . استمر في غليان المحلول لمدة ٦٠ دقيقة ثم صبه في كأس محتوى على حوالى ٥٠٠ سم<sup>٣</sup> من الماء البارد - رشع الانثراكينون الناتج واغسله جيداً بالماء ، ثم بمحلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف ، ثم بالماء مرة أخرى وعين درجة انصهاره ( ٢٧٧°م ) .

## ٢ - حمض النترك المركز :

بخلاف كل من البنزول والطولوين والنافثالين التى تتفاعل بسهولة مع حمض النترك المركز لا يتفاعل الانتراسين مع هذا الحمض تحت الظروف المعتادة للتفاعل ، ولو أنه يدخل مع حمض النترك في بعض التفاعلات التى تنهى بتكوين ٩ - نثرو الانتراسين .



وعلى وجه العموم . لا يستخلم هذا الاختبار للكشف عن الانتراسين ، وذلك لصعوبة إدخال مجموعة النثرو به .

## ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

يتفاعل حمض الكبريتيك المركز مع الانتراسين عند درجات الحرارة المنخفضة نسبياً ليعطى حمض ألفا - سلفونيك .

## ٤ - تكوين البكرات :

يكون الانتراسين مع حمض البكريك مركباً مزدوجاً أحمر اللون :





يسمى بكرات الانتراسين ، وهى أكثر ذوباناً من بكرات النافثالين .  
 جهاز محلولاً مركزاً من الانتراسين فى الاسيتون الساخن ( ٢ سم<sup>٣</sup> )، ثم أضف إليه على قطرات محلولاً مركزاً بارداً من حمض البكريك فى الاسيتون أيضاً ، ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر ( يجب مراعاة عدم إضافة زيادة من محلول حمض البكريك ) سخن المحلول الناتج فوق حمام مائى لعدة ثوان ، ثم صبه فى جفنه أو زجاجة ساعة - لاحظ بعد فترة تكون بلورات حمراء من بكرات الانتراسين .  
 وجود زيادة من أى من المركبين ، سواء حمض البكريك أو الانتراسين يترتب عنه تغير لون البكرات ( تبقى مشوبة باللون الأصفر ) .

## الكحولات

يطلق لفظ « الكحول » على المركبات العضوية التى تحتوى على مجموعة أو أكثر من مجموعات الهيدروكسيل (OH). بشرط أن ترتبط هذه المجموعة بذرة من الكربون لا تحمل أى نوع آخر من الذرات خلاف الهيدروجين .

وتنقسم الكحولات إلى كحولات أحادية أو ثنائية أو ثلاثية الهيدروكسيل تبعاً لعدد مجموعات الهيدروكسيل الموجودة بالكحول . والكحولات بوجه عام تتفاعل مع معدن الصوديوم لتكوين كحولات الصوديوم وتتفاعل مع الأحماض لتكوين الاسترات .

## الكحول الميثيل $\text{CH}_3\text{OH}$

### الخواص الطبيعية :

الكحول الميثيل عبارة عن سائل عديم اللون ذى رائحة شبيهة برائحة الكحول الايثيل ، وهو يمتزج بكل من الماء والكحول الايثيل بجميع النسب . والكحول الميثيل ذو تأثير سام ، أشد من الكحول الايثيل وهو يسبب فقدان الإبصار قبل وقوع الوفاة .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - التأكسد :

يتأكسد الكحول الميثيل معطياً مركب الفورمالدهيد أولاً ، ثم حمض الفورميك .



ويمكن أكسدة الكحول الميثيلي إما بواسطة سلك ساخن من الناس أو بواسطة مخلوط من حمض الكبريتيك وثاني كرومات البوتاسيوم أو بفعل محلول برمنجانات البوتاسيوم المخففة .

( ٢ ) سخن قليلا من الكحول الميثيلي في أنبوبة اختبار حتى يبلغ درجة الغليان ، ثم سخن سلك حلزوني من النحاس في اللهب ( حتى يتأكسد النحاس إلى أكسيد نحاس ) . واغمسه وهو ساخن في الكحول . أعد هذه التجربة عدة مرات . ولاحظ رائحة الفورمالدهيد النفاذة .

ويمكن الكشف على الفورمالدهيد المتكون كما يلي :

أضف إلى محلول الكحول الذي سبق أكسدته بضع قطرات من محلول الريزورسينول المخفف . ثم أضف باحتراس حوالي ٢ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز بحيث يتزلق الحمض على جدار الأنبوبة مكوناً طبقة بقاع الأنبوبة - لاحظ تكون حلقة حمراء بنفسجية عند سطح الانفصال التي سريعا ما تتحول إلى راسب أبيض يتغير لونه تدريجياً حتى يصبح بنفسجياً مائلاً إلى الاحمرار .

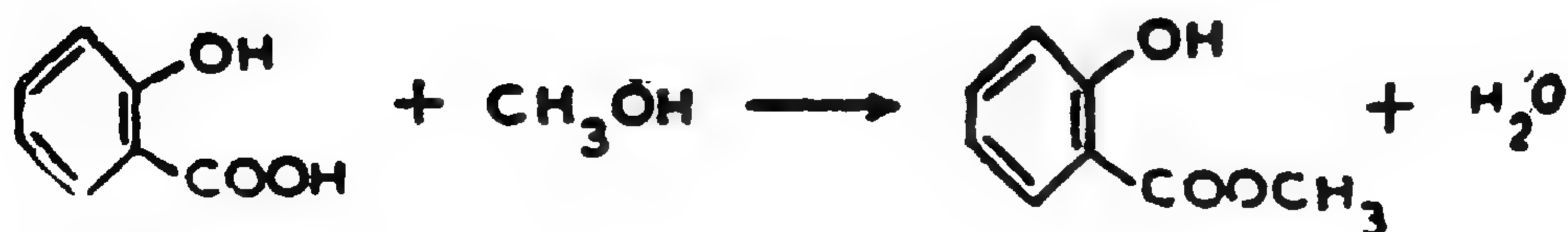
( ب ) ضع في أنبوبة اختبار ١ سم<sup>٣</sup> من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم و  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز - برد المزيج المتكون تحت ماء الصنبور ، ثم  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من الكحول الميثيلي . وسخن بلطف :

لاحظ تصاعد رائحة الفورمالدهيد النفاذة ، وانحمرار لون المحلول .

( جـ ) أضف بضع نقط من الكحول الميثيلي إلى محلول حمض من برمنجانات البوتاسيوم - سخن المخلوط ، ولاحظ تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون ( الكحول الأيثلي لا يتبع عنه غاز ثاني أكسيد الكربون ) !

## ٢ - تكوين الأستر :

يتفاعل الكحول الميثيلي مع الأحماض في وجود كاشف ماص للماء لتكوين الأسترات ويستخدم أستر ساليلات الميثيل الناتج عن تفاعل الكحول الميثيلي مع حمض الساليسليك والذي تشبه رائحته زيت الكافور في الكشف عن وجود الكحول الميثيلي .



مبادئ الكيمياء العملية

ضع ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول المثيل في أنبوبة اختبار جافة، ثم أضف إليه  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز وحوالي نصف جرام من حمض الساليسيك (أو أحد أملاحه) وسخن المحلول تسخيناً هيناً لمدة حوالي دقيقتين، ثم برد تحت ماء الصنبور صب السائل في كأس صغير تحتوى على محلول بيكربونات الصوديوم، ولا حظ الرائحة الخاصة لاسترساليبيلات المثيل.

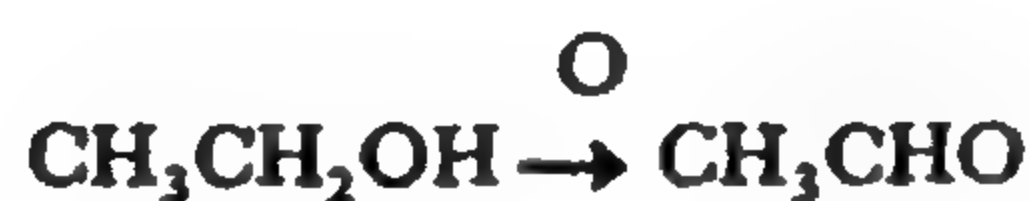
## الكحول الايثيل $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

### الخواص الطبيعية :

الكحول الأيثيل عبارة عن سائل عديم اللون، ذى طعم لاذع، ورائحة مستساغة، وهو يمتزج بكل من الكحول المثيل والماء بجميع النسب.

### الخواص الكيميائية :

يتأكسد الكحول الأيثيل في وجود بعض العوامل المؤكسدة متوسطة القوة معطياً مركب الاسيتالدهيد.



أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز إلى محلول متوسط القوة من ثاني كرومات البوتاسيوم. ثم برد المزيج تحت ماء الصنبور، أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من الكحول الأيثيل، ثم سخن تسخيناً هيناً، ولاحظ تصاعد رائحة الاسيتالدهيد النفاذة.

### ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

عند خلط حمض الكبريتيك المركز بالكحول الأيثيل يتكون في التو المركب المسمى كبريتات الأثيل افيروجينية - وعند إضافة زيادة من حمض الكبريتيك المركز يتصاعد غاز الأثيلين بالتسخين.



ضع ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الأيثيل في أنبوبة اختبار جافة، ثم أضف إليه ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز - لاحظ ارتفاع درجة حرارة المزيج نتيجة لتكون كبريتات الأثيل افيروجينية -

أضف زيادة من حمض الكبريتيك المركز (حوالي ٣ سم<sup>٣</sup>) ثم سخن ، لاحظ تصاعد غاز (عبارة عن غاز الإثيلين وغاز ثاني أكسيد الكبريت . . إلخ) .

### تكوين الأستر :

تتفاعل الأحماض الضعيفة ، مثل حمض الخليك مع الكحول الأثيل ببطء جداً حتى أنه لا يظهر أى تغير محسوس فى مدى عدة ساعات - وتزداد سرعة التفاعل فى وجود الأحماض القوية مثل حمض الكبريتيك المركز ، غاز كلوريد الهيدروجين ، وسريعاً ما يصل التفاعل إلى حالة الاتزان .



ضع فى أنبوبة اختبار ١ سم<sup>٣</sup> من كل من حمض الخليك والكحول الأثيل (أو كمية صغيرة من خللات الصوديوم) ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز - سخن المخلوط الناتج فوق حمام مائى لمدة دقيقتين ، ثم صب المخلوط فى كأس به محلول مخفف من بيكربونات الصوديوم ، ولاحظ تصاعد الرائحة العطرية المميزة لاستر خللات الأثيل .

### ٤ - تفاعل اليودوفورم .

يتفاعل الكحول الأثيل مع الهالوجينات فى وجود القلويات أو مع محلول الهيوكلوريت ... إلخ معطياً الكلورفورم أو البروموفورم<sup>١</sup> أو اليودوفورم تبعاً لنوع الهالوجين المستخدم ، فيتفاعل اليود مثلاً مع الكحول « اليودوفورم » .



أضف ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول اليود فى يوديد البوتاسيوم لم ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول ثم أضف إلى المخلوط الناتج محلول هيدروكسيد الصوديوم قطرة قطرة حتى يتحول لون المخلوط إلى اللون الأصفر - سخن المخلوط فوق حمام مائى لمدة خمس دقائق ثم اتركه ليبرد تدريجياً - لاحظ تكون راسب متبلر من اليودوفورم الذى يتميز برائحته الخاصة .

ويستخدم هذا التفاعل فى التفرقة بين الكحول المثيل والكحول الأثيل ، حيث لا يعطى الكحول المثيل هذا التفاعل :

## الكحول الإمبيلي ( الأيسو )



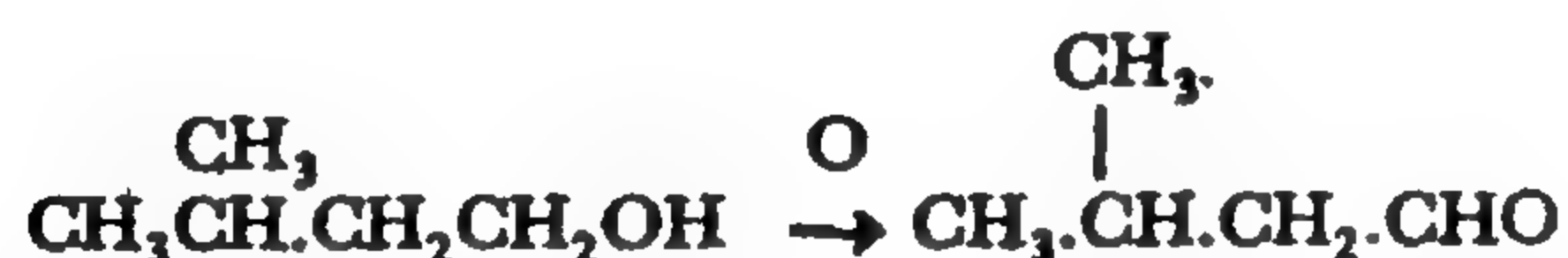
### الخواص الطبيعية :

الكحول الإمبيلي كحول أولي أحادي الهيدروكسيل - وهو سائل ذو طعم لاذع يغلي عند ١٣١,٦° ، ويذوب بقلّة في الماء ( بنسبة حوالي ٢٪ عند درجة ١٥°م ) - ويستخدم الكحول الإمبيلي في تحضير خلّات الإمبيل التي تستعمل كمذيب في صناعة السليولويد ، واسترات السليولوز ، ويستخدم كذلك في تحضير نرّيت الأميل الذي يستخدم في الطب ، كما يستخدم الكحول الإمبيلي أيضاً في صناعة الأيسوبرين الذي يمكن تحويله إلى المطاط الصناعي .

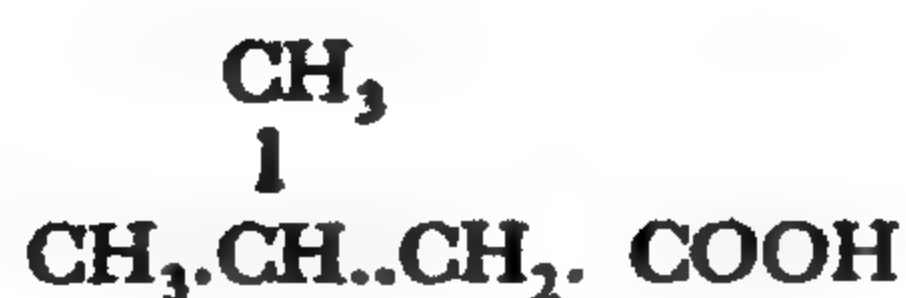
### الخواص الكيميائية :

#### ١ - التأكسد :

يتأكسد الكحول الإمبيلي الأيسو في وجود بعض المواد المؤكسدة متوسطة القوة معطياً الالديهيد المقابل المسمى « الايسوفالير الدهيد » .



ويمكن لهذا الالدهيد أن يتأكسد - في وجود زيادة من المادة المؤكسدة متحوّلاً إلى حمض الأيسوفاليريك :



أضف بضع قطرات من الكحول الأمبيلي إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول برمنجنات البوتاسيوم ثم سخن المزيج لعدة دقائق فوق حمام - لاحظ تصاعد رائحة مركب الأيسو فالير الدهيد المستساغة - سخن المزيج بضع دقائق أخرى فوق حمام مائي أيضاً ، ولاحظ تصاعد رائحة حمض الأيسو فاليريك التي تشبه رائحة الجبن الفاسد .

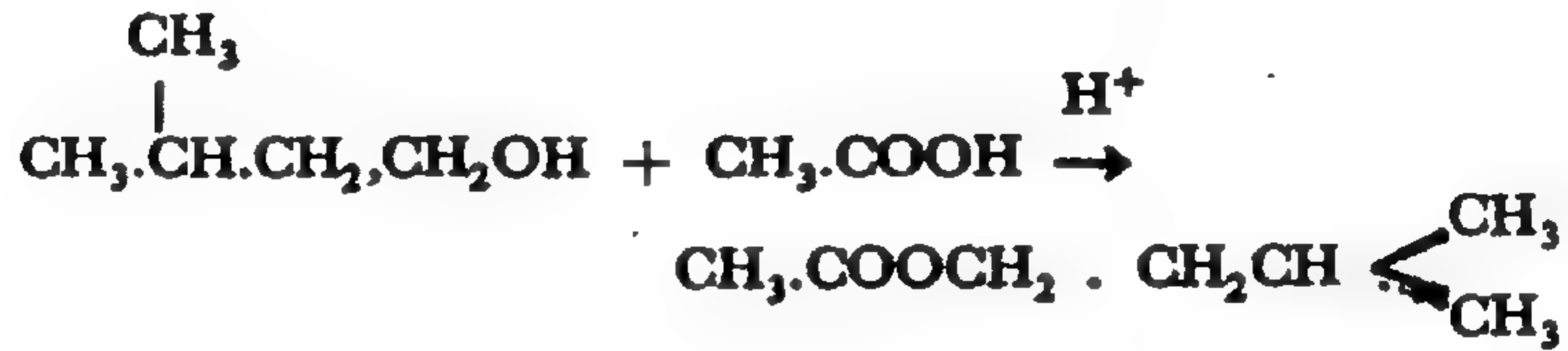


## ٢ - حمض الكبريتيك المركز :

يذوب الكحول الإيثيلي في حمض الكبريتيك المركز ، وترتفع درجة حرارة المزيج .  
ضع ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الإيثيلي في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف إليه ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ولاحظ ارتفاع درجة حرارة المزيج واختفاء طبقة الكحول - سخن المحلول الناتج ولاحظ ظهور لون أحمر - بني .

## ٣ - تكوين الأستر :

يتفاعل الكحول الإيثيلي مع الأحماض العضوية مثل حمض الخليك لتكوين الأسترات .  
وتزداد سرعة التفاعل في وجود الأحماض القوية مثل حمض الكبريتيك المركز ، أو غاز كلوريد الهيدروجين .



ضع ¼ سم<sup>٣</sup> من كل من حمض الخليك والكحول الإيثيلي في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف قطرتين من حمض الكبريتيك المركز - سخن المخلوط بضع دقائق فوق حمام مائي ، ثم صب المحلول الناتج في كأس به محلول مخفف من بيكربونات الصوديوم ولاحظ تصاعد رائحة استرخلات الإيثيل العطرية والتي تشبه رائحة الموز .



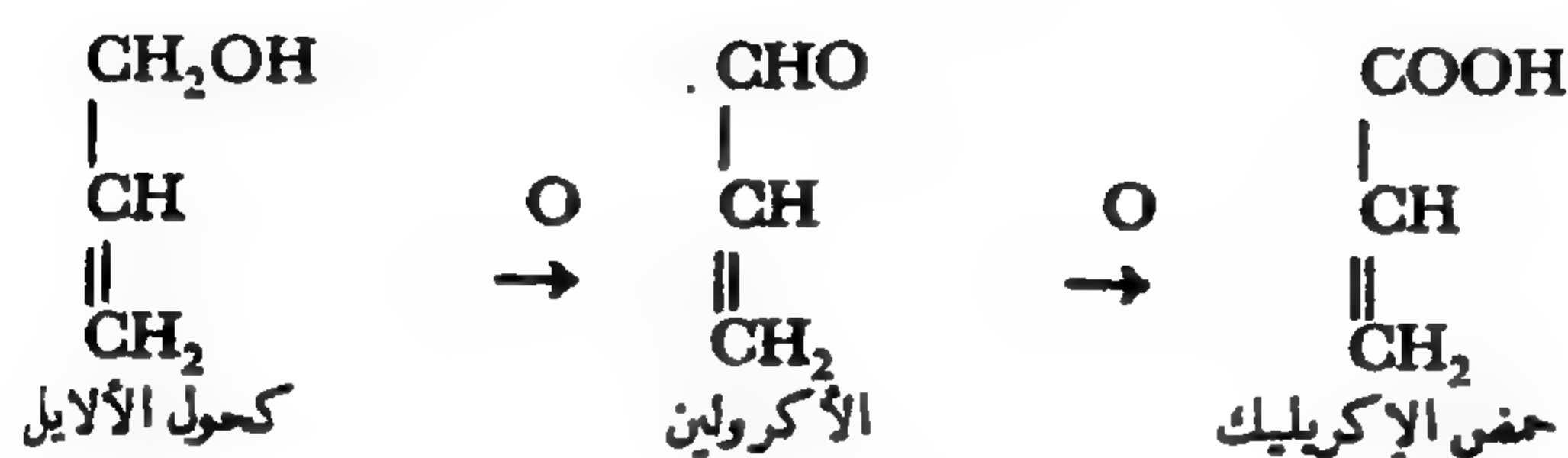
## الخواص الطبيعية :

كحول الأليل كحول أول أحادي الهيدروكسيل يحتوي على رابطة مزدوجة ، وهو بهذا يتميز ببعض خواص المركبات غير المشبعة ، وكحول الأليل سائل عديم اللون ذو رائحة نفاذة غير مستساغة ، وهو يغلي عند ١٧°م ويختلط بالماء بجميع النسب ، ويشعل بلهب ملخن :

## الخواص الكيميائية :

### ١ - التأكسد :

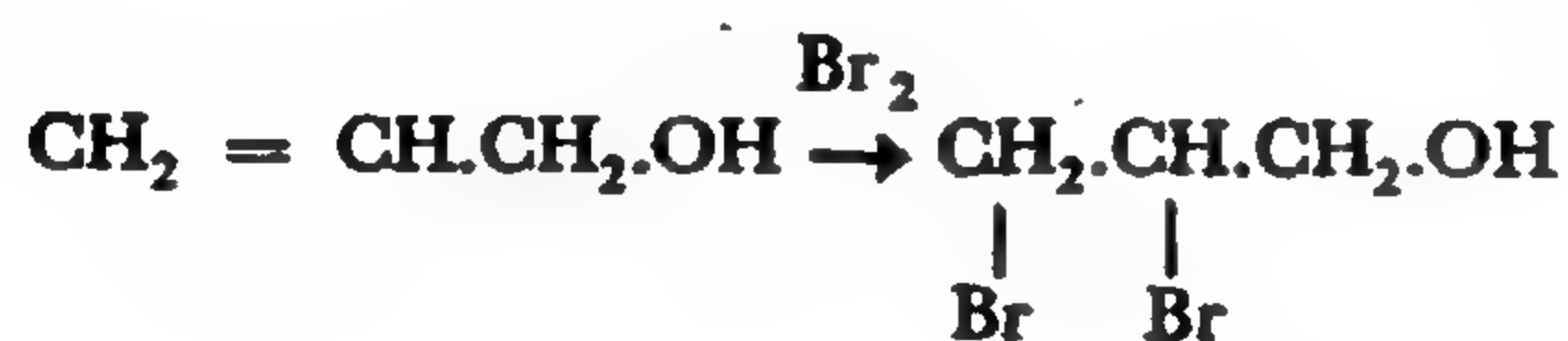
يتأكسد كحول الألايل في وجود بعض المركبات المؤكسدة مثل برمنجنات البوتاسيوم ، أو ثاني كرومات البوتاسيوم معطياً أولاً الإلدهيد غير المشبع المسمى بالأكرولين وباستمرار عملية الأكسدة يتحول الإلدهيد إلى الحمض غير المشبع المسمى حمض الأكرليك



أضف قطرتين من كحول الألايل إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم المحمض بحمض الكبريتيك ، ثم سخن المزيج بلطف فوق حمام مائي - لاحظ تصاعد رائحة الإكرولين النفاذ غير المستساغة والتي تشبه رائحة الدهن المحترق :

### ٢ - ماء البروم :

يحتوى كحول الألايل على مجموعة الفايثيل غير المشبعة وهو لذلك يضيف البروم معطياً ثنائى برومو كحول البروبايل

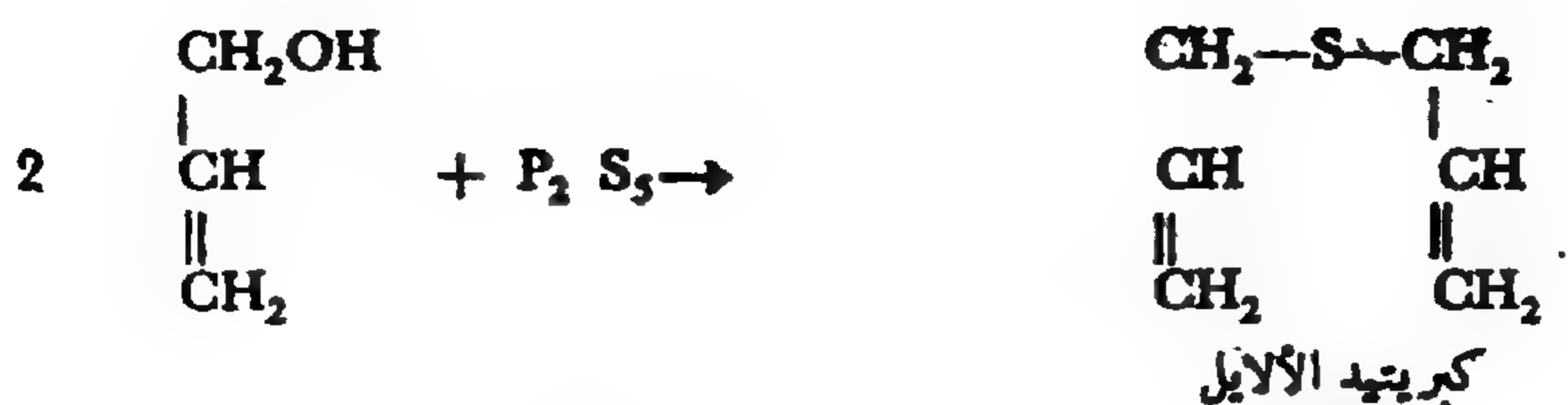


ثنائى برومو كحول البروبايل

أضف قطرتين من كحول الألايل إلى ١ سم<sup>٣</sup> من ماء البروم ولاحظ اختفاء لون البروم فوراً :

### ٣ - خامس كبريتيد الفسفور :

تتفاعل الكحولات مع خامس كبريتيد الفسفور لتعطى كبريتيدات ، وبذلك يتفاعل كحولات الألايل معطياً كبريتيد الألايل ذو الرائحة الخاصة التي تشبه رائحة الثوم ، بل إنه يسمى « زيت الثوم »



أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من كحول الألايل إلى قليل من مسحوق خامس كبريتيد الفسفور .  
ثم سخن المخلوط تسخيناً هيناً - لاحظ الرائحة النافذة لكبريتيد الألايل التي تشبه رائحة الثوم :

ملاحظة :

إذا لم يتوفر خامس كبريتيد الفسفور ، يمكن تحضيره في أنبوبة الاختبار بتسخين قطعة صغيرة من الكبريت ( ٣ مم مكعب ) مع نصف حجمها من الفوسفور الأحمر :

## الكحول البتريلي $\text{C}_4\text{H}_9\text{CH}_2\text{OH}$

الخواص الطبيعية :

الكحول البتريلي يعتبر كحولا عطريا ، وهو كحول أول أحادي الهيدروكسيل ، حيث ترتبط فيه المجموعة الكحولية الأولية مباشرة بنواة البترول ، على الرغم من هذا فإنها تتفاعل في أغلب حالاتها مثل بقية الكحولات الأليفاتية دون أن تتأثر نواة البترول ، بل هو يشبه في أغلب تفاعلاته الكحول الأثيري :

الكحول البتريلي سائل عديم اللون ذو رائحة عطرية خفيفة ، ويغلي عند ٢٠٤° م وهو قليل الذوبان في الماء :

الخواص الكيميائية :

١ - التأكسد :

يتأكسد الكحول البتريلي - في وجود بعض المواد المؤكسدة مثل حمض النتريك المخفف إلى مركب البترالدهيد ، وهو يشبه في ذلك ، الكحولات الأولية ، وهو يعطى ، في آخر الأمر حمض البتريك في وجود زيادة من المادة المؤكسدة بالتسخين :



أضف بضع قطرات من الكحول البتريلي (حوالي  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup>) إلى ٣ سم<sup>٣</sup> من حمض النتريك المخفف ، سخن المحلول إلى درجة الغليان ، لاحظ ظهور رائحة البترالدهيد الخاصة المميزة - استمر في التسخين لمدة حوالي ٥ دقائق ، ثم برد المحلول في الثلج ، ولاحظ ظهور راسب أبيض من حمض البترويك الذي ينصهر عند ١٢٢° م .

## ٢ - حمض الهيدروكلوريك المركز :

بتفاعل الكحول البتريلي مع حمض الهيدروكلوريك المركز معطياً كلوريد البترايل :



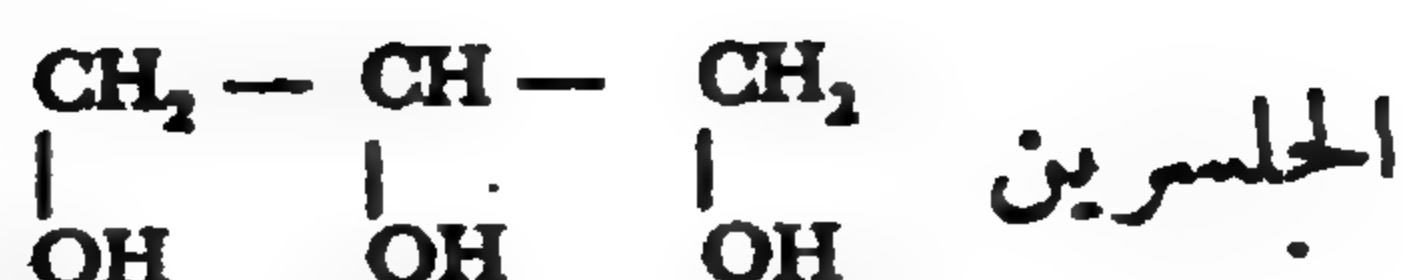
أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول البتريلي إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المركز ولاحظ أن السائلين يمتزجان إلى حد كبير - سخن المحلول بلطف لمدة قصيرة ولاحظ أن السائل يتمعر ، ثم انفصل إلى طبقتين . وذلك نتيجة لتكون مركب كلوريد البترايل عديم الذوبان في الماء ، والذي يتميز برائحة خاصة مميزة ، وتلمع العين قليلاً .

## ٣ - تكوين الأستر :

يشبه الكحول البتريلي الكحولات الأليفاتية إلى حد كبير ، وبذلك فهو يكون استرات بنزلية مع كثير من الأحماض العضوية ، مثل حمض الخليك .



أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من حمض الخليك إلى  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من الكحول البتريلي في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف قطرتين من حمض الكبريتيك المركز - سخن الخليط لمدة ثلاث دقائق فوق حمام مائي ، ثم صب المحلول الناتج في كأس به محلول مخفف من كربونات الصوديوم ، لاحظ تصاعد رائحة خللات البترايل العطرية المميزة والتي تشبه رائحة الياسمين ، وهي تستعمل في صناعة العطور .



### الخواص الطبيعية :

يتمى الجلسرين إلى مجموعة الكحولات المعروفة بالكحولات عديدة الهيدوكسيل وهو كحول ثلاثي الهيدروكسيل .

والجلسرين عبارة عن سائل لزج القوام ، عديم الرائحة واللون ، ويتميز بطعم حلو ويتحول الجلسرين ، عند تبريده إلى مادة صلبة متبلرة ، تنصهر عند درجة ٢٠°م ، وتغلي عند درجة ٢٩٠°م دون أن يتحلل أو يتكسر ، والجلسرين يمتزج بكل من الكحول والماء بجميع النسب ، ولكنه عديم الذوبان في الأثير .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - الذوبان :

( أ ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الأثير إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الجلسرين ، ولاحظ أن السائلين لا يمتزجان - رج الأنبوبة جيداً واتركها جانباً ولاحظ أن المزيج سريعاً ما ينفصل إلى طبقتين مما يدل على أن الجلسرين لا يذوب في الأثير . أضف إلى المزيج ١ - ٢ سم<sup>٣</sup> من الكحول ، ولاحظ اختفاء الطبقتين السابقتين .

( ب ) أذب قليلاً من الجلسرين في الماء ، ولاحظ طعم المحلول الحلو :

#### ٢ - التأكسد :

نتج عن تأكسد الجلسرين بواسطة بعض العوامل المؤكسدة كثير من المركبات العضوية ، وهو يتحول في نهاية الأمر إلى ثاني أكسيد الكربون والماء .

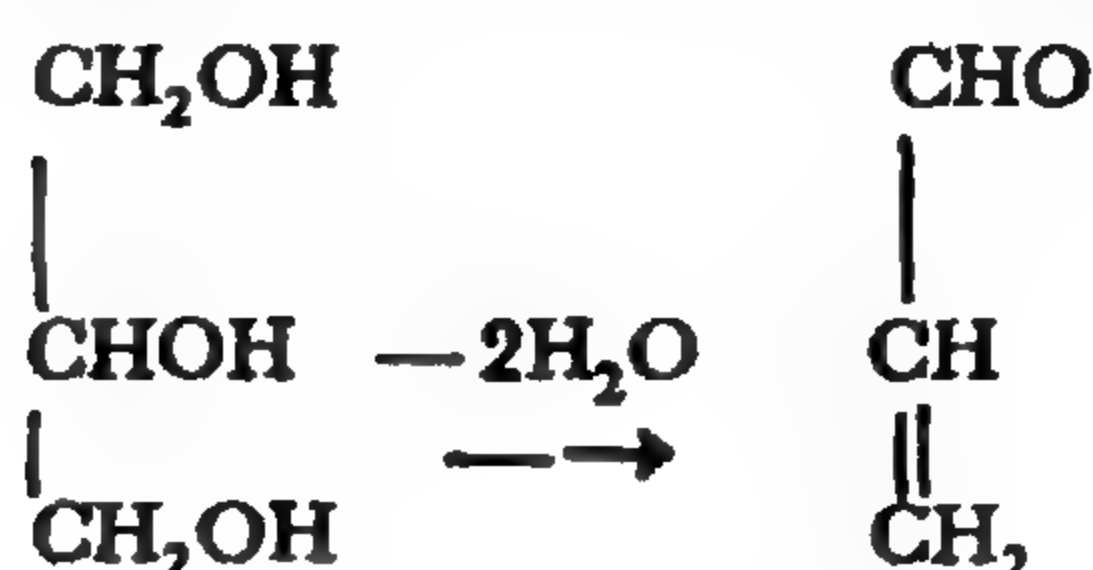
أضف إلى حوالي ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم الحمضة ، بضع قطرات من الجلسرين ، ثم سخن المحلول الناتج تسخيناً هيناً ، لاحظ حدوث فوران بسيط نتيجة لتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون .

#### ٣ - اختيار الأكرولين :

عند معالجة الجلسرين ببعض المواد الماصة للماء مثل ٥٠% من الكبريتيك أو بيكبريتات



البوتاسيوم ، يتكون الألدهيد غير المشبع المسمى « الاكرولين » والذي يعرف برائحته القوية النفاذة :



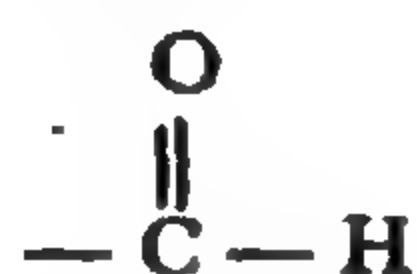
سخن بضع قطرات من الجلوسرين مع  $\frac{1}{4}$  جم من بيكربونات البوتاسيوم . (أو ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز) ولاحظ رائحة الأكرولين القوية النفاذة .

#### ٦ - اختبار البوراكس :

أضف قطرة من الفينولفثالين إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول البوراكس المخفف ، ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر - أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الجلوسرين ، ولاحظ اختفاء اللون - سخن المحلول تسخيناً هيناً : ولاحظ عودة اللون الأحمر الذي يختفي ثانية عند تبريد المحلول .

### الألدهيدات

الألداهيدات هي نواتج التأكسد الأولى للكحولات الأولية ، وتتميز الألداهيدات بوجود مجموعة الألدهيد - التي تكتب عادة



وتنقسم الألداهيدات إلى ألداهيدات البغائية . مثل الفورمالدهيد والاسيتالدهيد ، الكورال ، وهيدرات الكلورال - وإلى الدهيدات عطرية ، مثل البترالدهيد والساليالدهيد، وتتميز هذه الأخيرة في أن مجموعة الألدهيد فيها ترتبط مباشرة بنواة البترول .

#### الفورمالدهيد H.CHO

#### الخواص الطبيعية :

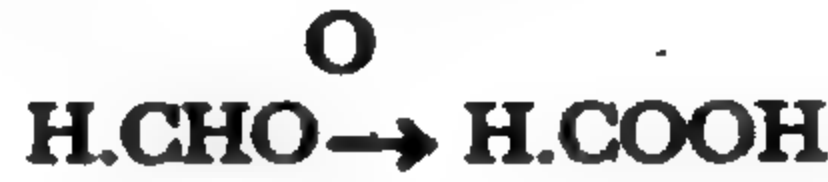
يختلف الفورمالدهيد ، أبسط الألداهيدات ويتميز عن بقية أعضاء المجموعة في أنه غاز ذو رائحة نفاذة قوية . ويمكن تكثيف هذا الغاز إلى سائل يغلي عند درجة - ٢١°م والفورمالدهايد

سهل الذوبان في الماء حيث يكون محلولاً درجة تركيزه ٤٠ ٪ يعرف بالفورمالين - والفورمالدهيد ذو تأثير سام ، تتغير في وجوده البروتينات .

## الخواص الكيميائية :

### ١ - الاختزال :

يتأكسد الفورمالدهيد بسهولة مكوناً حمض الفورميك -- ونظراً لسهولة تأكسده فهو يتصرف كعامل مختزل ، فهو سريعاً ما يختزل محاليل الفضة القلوية إلى معدن الفضة .



وهو يختزل أيضاً المحاليل القلوية لأملاح النحاس إلى أكسيد النحاسوز . ويستخدم محلول فهلنج في الكشف عن الألكهيدات ، وهو عبارة عن محلول قلوي من طرطرات البوتاسيوم والنحاس ، وهو يعطى - عند تسخينه - مع الألكهيدات راسباً أحمر يميل إلى الاصفرار من أكسيد النحاسوز .



( أ ) ضع ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة النشادر في أنبوبة اختبار نظيفة ثم أضف ١/٣ سم<sup>٣</sup> من محلول الفورمالدهيد ، وأغمر الأنبوبة في كأس به ماء ساخن لاحظ تكون مرآة من الفضة على جدار الأنبوبة الداخلي . ( يتسبب عن التسخين السريع ترسب معدن الفضة على هيئة مسحوق أسود ) .

( ب ) أخلط حجمين متساويين من محلول فهلنج ٢،١ ( ١ سم<sup>٣</sup> من كل منهما ) ثم سخن - أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الفورمالدهيد وسخن مرة أخرى ، لاحظ تكون راسب أصفر من أكسيد النحاسوز ، الذي يتغير لونه إلى الأحمر البرتقالي بزيادة التسخين .

### ٢ - اختبارات ذات ألوان مميزة :

يتج عن تفاعل الفورمالدهيد مع بعض المواد الكاشفة ألوان خاصة مميزة له

( أ ) أضف بضع قطرات من محلول الفورمالدهيد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كاشف شيف ولاحظ ظهور لون أحمر باهت .

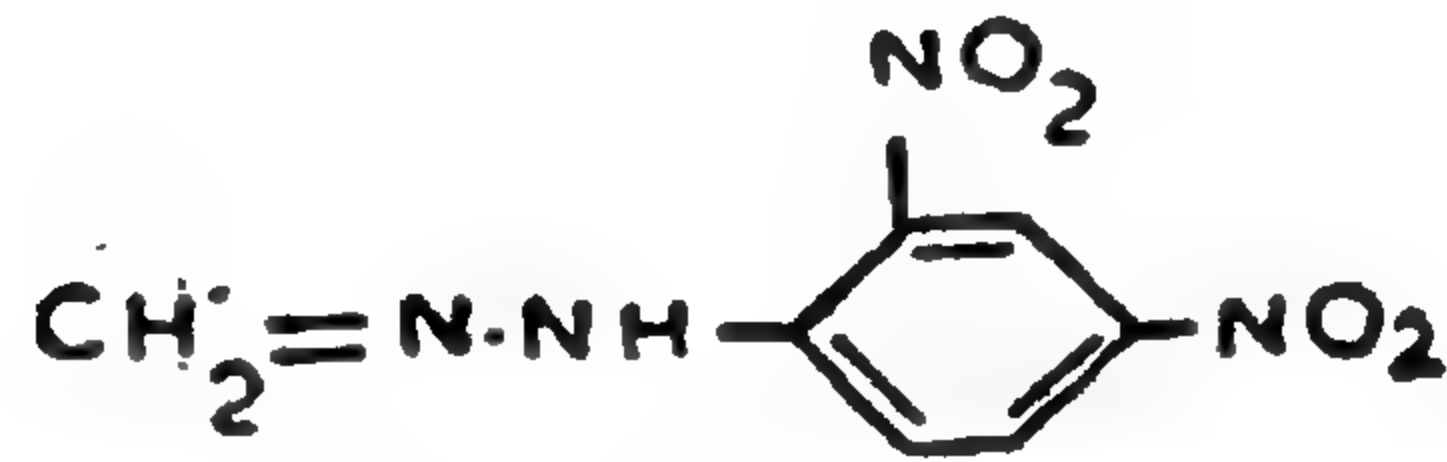
( ب ) أضف إلى ٥ سم<sup>٣</sup> من محلول الفورمالدهيد ١ سم<sup>٣</sup> من محلول فينيل الهيدازين ( ٣ ٪ ) .  
١ سم<sup>٣</sup> من محلول حديدى سيانيد البوتاسيوم ، ٢ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المركز . لاحظ ظهور لون أحمر قرمزي .

وهذا الكشف حساس جداً ، إذ يمكن بواسطته الكشف عن الفورمالدهيد في محاليله المختلفة جداً بنسبة جزء إلى ١٠٠,٠٠٠ جزء من الماء .

( ح ) أضف قطرة أو قطرتين من محلول الريزورسينول ( ٠,٥ ٪ ) إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الفورمالدهيد ثم أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز بحيث يتلوق الحمض على جدران الأنبوبة لتكوين طبقة منفصلة بقاع الأنبوبة . لاحظ تكون حلقة حمراء بنفسجية عند سطح الانفصال ، ثم لاحظ تكون راسب أبيض يتغير لونه بالتدرج إلى أحمر / بنفسجي .

### ٣ - تكوين مركب مشتق :

يتفاعل الفورمالدهيد مع بعض المركبات التي تحتوي على الهيدروجين ، وينفصل الماء في التفاعل - فهو يتفاعل مثلاً مع فينيل الهيدرازين مكوناً مركبات تسمى فينيل هيدرازون وهي مواد صلبة متبلرة لها درجات انصهار ثابتة محددة - وهي لذلك تستخدم في التعرف على الألكهيدات والمركبات المشابهة المحتوية على مجموعة الكربونيل . ويمكن التعرف على الفورمالدهيد في صورة المركب المشتق المسمى ٢ : ٤ ثنائي نتروفينيل الهيدرازون .



أضف بضع قطرات من محلول الفورمالدهيد إلى ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول ٢ : ٤ ثنائي نتروفينيل الهيدرازين الكحول ثم سخن لمدة  $\frac{1}{4}$  دقيقة ، برد المحلول ، ورشح الراسب الأصفر / البرتقالي المتكون ، ثم أعد تبلوره من الكحول - عين درجة انصهار هذه البلورات ، ( درجة الانصهار ١٥٥°م ) .

### الأسيتالدهيد $\text{CH}_3\text{CHO}$

#### الخواص الطبيعية :

يعتبر الأسيتالدهيد في خواصه ممثلاً لمجموعة الألكهيدات - وهو سائل عديم اللون ذو رائحة نفاذة إلا أن محاليله المخففة لها رائحة مقبولة ، ويمتزج الأسيتالدهيد بالماء بجميع النسب ، ويمكن فصله عن الماء بإضافة كمية كبيرة من كلوريد الكالسيوم إلى المحلول .

## الخواص الكيميائية :

### ١ - الاختزال :

يتصرف الاسيتالدهيد كعامل مختزل - وهو يشبه في هذا الفورمالدهيد وذلك نتيجة لسهولة تأكسده إلى حمض الخليك - وهو يختزل محاليل أملاح الفضة القلوية إلى معدن الفضة ، ومحاليل أملاح النحاس القلوية إلى أكسيد النحاسوز .

( أ ) أضف  $\frac{1}{2}$  سم<sup>٣</sup> من الاسيتالدهيد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة النشادرى ثم أغمر الأنبوبة في كأس به ماء ساخن - لاحظ تكون مرآة من الفضة على جدار الأنبوبة الداخلى :

( ب ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الاسيتالدهيد إلى محلول فهلنج ١ ، ٢ (حجمين متساويين من كل منهما) ثم سخن إلى درجة الغليان - لاحظ تكون راسب أحمر / برتقالى من أكسيد النحاسوز :

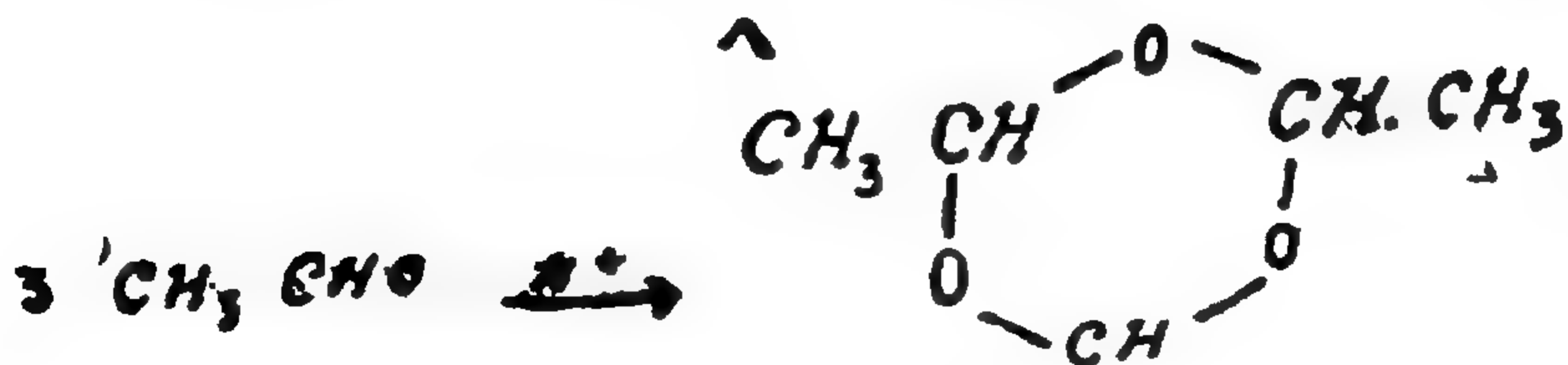
### ٣ - اختبارات ذات ألوان مميزة :

( أ ) أضف بضع قطرات من الاسيتالدهيد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من كاشف شيف لاحظ ظهور لون أحمر باهت .

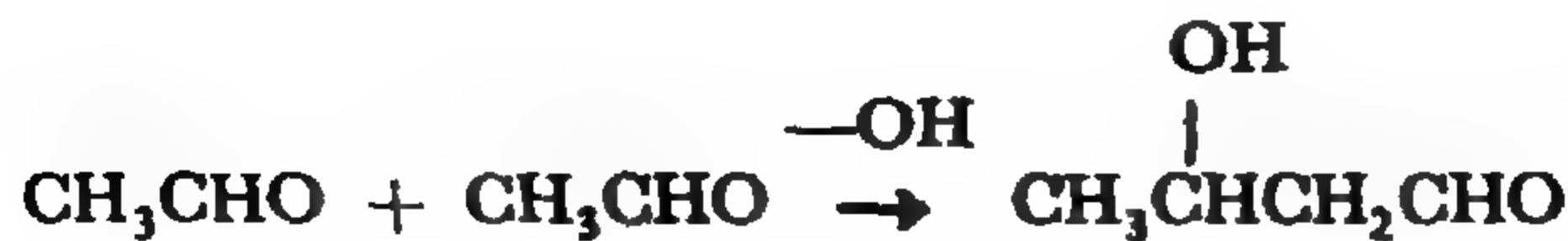
( ب ) أضف قطرة من الاسيتالدهيد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نيتروبروسيد الصوديوم ثم أضف زيادة من محلول هيلروكسيد الصوديوم - لاحظ ظهور لون أحمر :

### ٣ - البلمرة :

تتحد جزيئات الأسيتالدهيد - تحت بعض الظروف الخاصة مع نفسها لتكوين بلمرات .  
فى وجود كمية صغيرة من حمض الكبريتيك مثلا ، يتكون المركب المسمى البارالدهيد :



ويتفاعل الاسيتالدهيد مع نفسه - فى وجود القلويات المخففة لتكوين المركب المسمى الألدول .



ويمكن أن تتفاعل عدة جزيئات من، الأسيتالدهيد بنفس الطريقة السابقة لتعطي صمغ الألدريد.

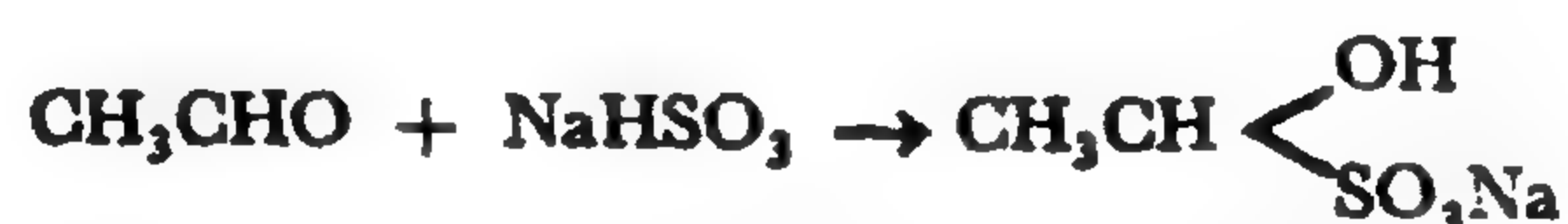
(أ) أضف قطرة من حمض الكبريتيك المركز إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الأسيتالدهيد ولاحظ ارتفاع درجة حرارة المزيج نتيجة لتكوين البارالدهيد. أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من الماء ولاحظ ظهور زيت نتيجة لعدم ذوبان البارالدهيد المتكون في الماء.

« يستخدم هذا الكشف للفرقة بين الفورمالدهيد والأسيتالدهيد. »

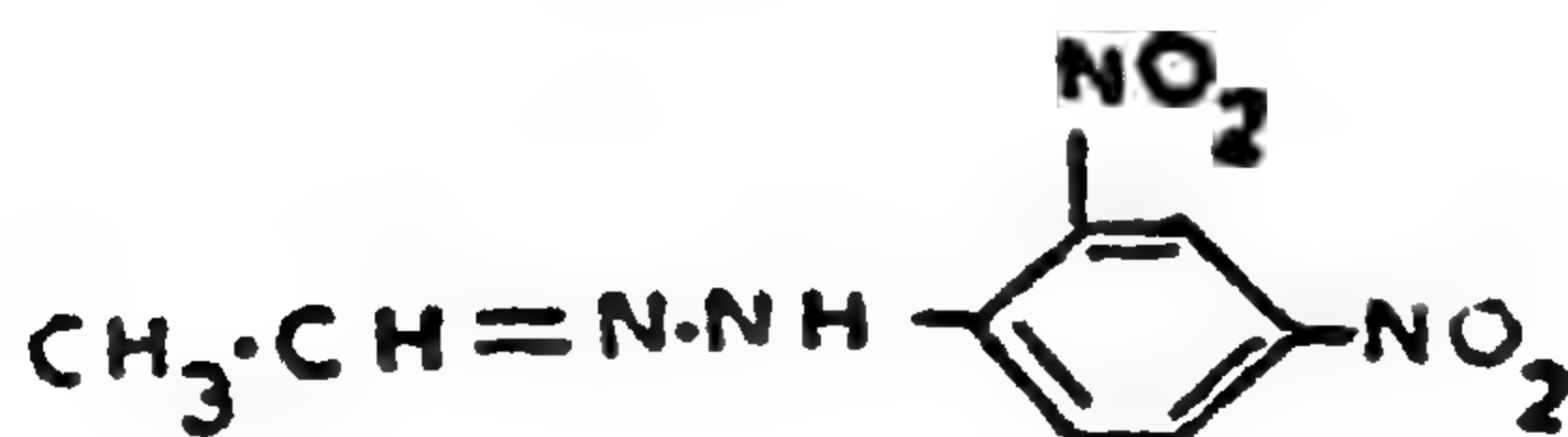
(ب) أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم (٥ %) إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الأسيتالدهيد، ثم سخن - لاحظ تكون صمغ الألدريد أصفر اللون ذي رائحة مميزة. ( يستخدم هذا الكشف للفرقة بين الفورمالدهيد والأسيتالدهيد ).

#### ٤ - تكوين مركب مشتق :

يتفاعل الأسيتالدهيد مع كثير من المركبات التي تحتوي على الهيدروجين عن طريق تفاعلات الإضافة ومن بين المركبات التي تتفاعل بهذه الطريقة النشادر وسيانيد الهيدروجين وبيكربيت الصوديوم.



ويتحد الأسيتالدهيد أيضاً مع بعض المواد التي تحتوي على الهيدروجين عن طريق انفصال الماء - ومن بين هذه المركبات الهيدروكسيلاتمين - والهيدرازين وفينيل الهيدرازين ، ويستعمل عادة ٢ : ٤ - ثنائي نتروفينيل الهيدرازين للتعرف على المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل ، وذلك لأنه يعطي مشتقات صلبة ذات درجات انصهار محددة ثابتة .

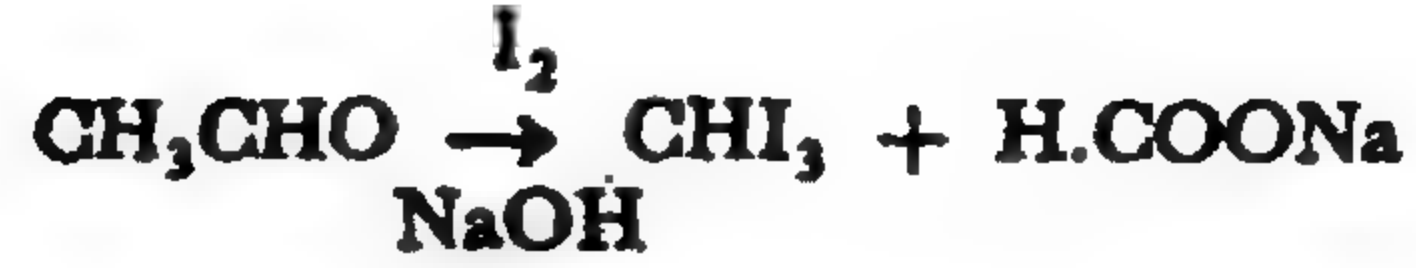


(أ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الأسيتالدهيد إلى حوالي ٥ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربيت الصوديوم المركز، ثم رج المزيج جيداً مع التبريد - لاحظ انفصال بللورات من مركب الإضافة المتكون. (ب) أضف بضع قطرات من الأسيتالدهيد إلى حوالي ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول كبريتات ٢ : ٤ - ثنائي نتروفينيل افيديرازين الكحول ، ثم سخن - برد المحلول ثم رشع الراسب الأصفر / البرتقالي المتكون . بلورة من الكحول . وعين درجة انصهار البللورات (درجة الانصهار ١٦٢°) .



### ٥ - اختبار اليودوفورم :

يتفاعل الاسيتالدهيد مع محلول اليود في وجود هيدروكسيد الصوديوم معطياً مركب اليودوفورم كما يلي :

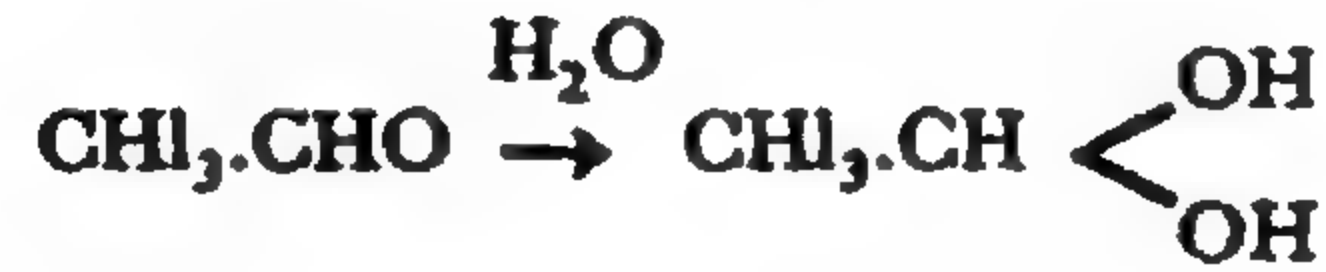


نخفف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من الاسيتالدهيد بإضافة ١ سم<sup>٣</sup> من الماء، ثم أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول اليود (في يوديد البوتاسيوم) - أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف قطرة قطرة حتى يتلون المحلول باللون الأصفر الباهت - أغمر الأنبوبة في كأس به ماء ساخن لفترة قصيرة (حوالي ٥ دقائق) ثم اترك المحلول ليبرد - لاحظ انفصال مركب اليودوفورم ذي الرائحة المميزة على هيئة راسب أصفر منبار .



### الخواص الطبيعية :

الكورال أو ثلاثي كلورو الاسيتالدهيد ، مركب هام من الناحية الطبية ، وهو يستخدم في صناعة مبيد الحشرات المسمى د.د.ت. (ثلاثي كلور ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان) . ويحضر الكورال صناعياً بفعل الكلور في الكحول الأيثيل ، ويكون الناتج مختلطاً بكمية صغيرة من الماء حيث تتكون المادة المتبلرة المسماة هيدرات الكلورال .



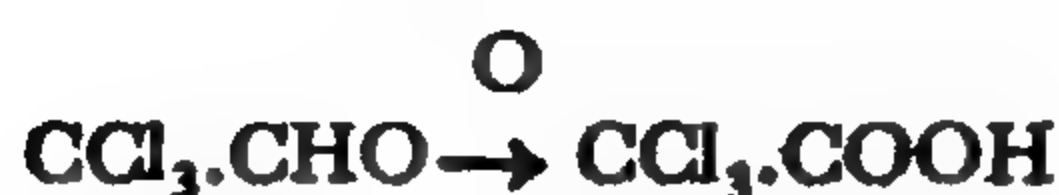
والكلورال عبارة عن سائل عديم اللون ، ذورائحة نفاذة ، يغلي عند درجة ٩٧,٧° م - أما هيدرات الكورال فهي مادة متبلرة تنصهر عند درجة ٥٢° م وهي ذات رائحة نفاذة وطعم لاذع - سهلة الذوبان في الماء .

وتستخلص هيدرات الكلورال كمادة منومة إلا أنها تستعمل في أضيق الحدود ، حيث أن من بتعاطاها بانتظام لا يمكنه الإستغناء عنها .

## الخواص الكيميائية :

### ١ - الاختزال :

يتميز كل من الكلورال وهيدرات الكلورال بسرعة . تأكسدهما إلى حمض ثلاثي كلورو الأسيتيك وهما يشبهان في هذه الخاصية بقية الألدهيدات .



وتتصرف هيدرات الكلورال كمادة مختزلة ، فهي تختزل كلا من محلول نترات الفضة النشارى ومحلول فهلنج .

( أ ) أذّب كمية صغيرة من هيدرات الكلورال ( حوالى  $\frac{1}{4}$  جم ) في كمية صغيرة من الماء ، أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة النشارى ، سخن ولاحظ تكون مرآة من الفضة على جدار الأنبوبة الداخلى .

( ب ) أذّب  $\frac{1}{4}$  جم من هيدرات الكلورال في الماء ، ثم أضف إليها محلول مكون من حجمين متساويين من محلول فهلنج ١ ، ٢ ( ١ سم<sup>٣</sup> من كل منهما ) ، ثم سخن — لاحظ ظهور راسب أحمر من أكسيد النحاس .

### ٢ - كاشف شيف :

هيدرات الكلورال لا تؤثر في كاشف شيف ، ويبقى لون المحلول كما هو بدون تغيير :

### ٣ - التحلل المائى :

تعطى هيدرات الكلورال عند تسخينها مع القلويات كلا من الكلوروفورم وملح الفورمات :



أضف كمية صغيرة من هيدرات الكلورال إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم ثم سخن تسخيناً هيناً ، لاحظ تصاعد أبخرة الكلوروفورم ذات الرائحة الأثيرية المميزة .

### ٤ - بيكبريتيت الصوديوم :

أضف كمية صغيرة من هيدرات الكلورال على هيئة مسحوق (حوالى ٠,٢ جم) إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول مشبع من بيكبريتيت الصوديوم . ثم رج الأنبوبة جيداً — لاحظ ذوبان هيدرات الكلورال أولاً . ثم ظهور راسب أبيض من مركب الإضافة ، وخاصة عند تبريد المحلول :

### هـ - اختبار الكربلامين :

بما أنه يسهل تحلل هيدرات الكلورال إلى الكلورفورم ، فإن هذا المركب لابد أن تعطى اختبار الكربلامين .

أضف بضع بللورات من هيدرات الكلورال إلى ٤ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الكحول ، ثم أضف قطرتين من الأتيلين ، وسخن المزيج - لاحظ تصاعد رائحة الأيسوسيانيد النفاذة غير المستساغة - أضف باحتراس حمض الهيدروكلوريك المركز وذلك للتخلص من رائحة الأيسوسيانيد :

### البنزالدهيد $C_6H_5CHO$

#### الخواص الطبيعية :

ينتمي البنزالدهيد إلى مجموعة الألدهيدات العطرية حيث ترتبط مجموعة الألدهيد  $CHO$  - في جزيئة ارتباطاً مباشراً بنواة البنزول .

والبنزالدهيد سائل عديم اللون في حالته النقية ، ذو رائحة خاصة تشبه رائحة اللوز ، وهو مركب غير سام .

ويغلي البنزالدهيد عند درجة حرارة ١٨٠°م ، وهو أثقل من الماء ، ولا يذوب فيه ، ويوجد البنزالدهيد في اللوز المر ، وفي قشور ثمرة الخوخ : : إلخ ، وهو يعطى تفاعلات الألدهيدات الأليفاتية .

#### الخواص الكيميائية :

##### ١ - الاختزال :

البنزالدهيد مركب سهل التأكسد حيث يتحول إلى حمض البنزويك ، وهو يملك يتصرف كأنه عامل مختزل ، وهو يختزل محاليل أملاح الفضة القلوية إلى معدن الفضة ولكنه لا يختزل محلول فهلنج .



( ١ ) أضف بضع قطرات من البنزالدهيد إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة النشاري ، ثم سخن المحلول فوق حمام مائي مع الرج المستمر ، لاحظ تكون مرآة من الفضة ببطء على جدران الأنبوبة الداخلى .

(ب) أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من البترالدهيد إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول فهلنج ١ ، ٢ ، ثم سخن ولاحظ عدم حدوث تغير ظاهر ، وذلك لأن البترالدهيد لا يختزل محلول فهلنج .  
(ج) أضف بضع قطرات من البترالدهيد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول برمنجنات البوتاسيوم ثم رج المزيج جيداً - لاحظ زوال لون البرمنجنات نتيجة لتأكسد البترالدهيد إلى حمض البترويك .

## ٢ - كاشف شيف :

أضف بضع قطرات من البترالدهيد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من كاشف شيف ، ورج المحلول ، لاحظ ظهور لون أحمر باهت في المحلول .

## ٣ - تفاعل كانيزارو :

لا يعطى البترالدهيد مع محلول هيدروكسيد الصوديوم ناتجاً راتنجياً ، كما في حالة الاسيتالدهيد ، ولكنه يتفاعل مع القلوي معطياً بتروات الصوديوم والكحول البتريلي .



أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من البترالدهيد إلى ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم متوسط التركيز ، ثم سخن المحلول إلى درجة الغليان ، لمدة دقيقتين ، برد المحلول وحمضه بإضافة حمض الهيدروكلوريك المركز - لاحظ انفصال راسب أبيض متبلر من حمض البترويك عند تبريد المحلول في الثلج .

## ٤ - اختبار اليودوفورم :

بعد اختبار اليودوفورم مميزاً للمركبات العضوية التي تحتوي جزيئاتها على المجموعة  $\text{CH}_3\text{CO}$  ولهذا السبب لا يعطى البترالدهيد هذا الاختبار .

## ٥ - اختبار ذو لون مميز :

سخن  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من البترالدهيد مع ١ سم<sup>٣</sup> من مركب ثنائي مثل الأنيلين في وجود كمية صغيرة جداً من كلوريد الزنك اللامائي ، لاحظ تلون المحلول باللون الأخضر وذلك نتيجة لتكون الصبغة الخضراء المداية « أخضر مالاكيت » .

## ٦ - تكوين مركب مشتق :

يتفاعل البترالدهيد مع بيكربيت الصوديوم لتكوين مركب بالإضافة - وهو يتفاعل أيضاً مع بعض المركبات الأخرى التي تحتوي على الهيدروجين مثل الهيدروكسيلامين والهيدرازين

و ٢ : ٤ - ثنائي نثروفينيل الهيدرازين . : إلخ . وينفصل الماء في التفاعل :  
 ( ٢ ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من البترالدهيد إلى حوالي ٥ سم<sup>٣</sup> من محلول مركز من بيكبريتيت  
 الصوديوم في الماء - رج المحلول جيداً ، ثم برده ولاحظ تكون راسب أبيض متبلر من مركب  
 بالإضافة :

( ب ) جهز محلولاً من نقطتين من البترالدهيد في ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الأثيلي ثم أضف إليه  
 ١ سم<sup>٣</sup> من كبريتات ٢ : ٤ - ثنائي نثروفينيل الهيدرازين الكحولي ، سخن المخلوط الناتج فوق  
 حمام مائي لمدة نصف دقيقة ، ثم برده ، ورشح الراسب البرتقالي / الأحمر المتكون - أعد ترسيب  
 بلورة الناتج الصلب من الكحول الأثيلي ، ثم عين درجة انصهار البلورات .

( درجة الانصهار ٢٣٥ درجة مئوية ) :

### الساليسالدهيد $\text{HO.C}_6\text{H}_4\text{CHO}$

#### الخواص الطبيعية :

الساليسالدهيد ، الدهيد عطري ، وهو يحتوي ، بجوار مجموعة الألكهيد : على مجموعة  
 الهيدروكسيل الفينولية ، بذلك يتصف بخواص كل من الألكهيدات والفينولات . والساليسالدهيد  
 سائل عديم اللون تقريباً ، يتلون باللون البني الأحمر عند تعرضه للهجو وخاصة بعد فترة طويلة ،  
 وهو يغلي عند ١٩٦° ، وله رائحة عطرية تشبه رائحة البترالدهيد ، وهو يصبغ الجلد بلون أصفر  
 داكن ، ومثله في هذا كمثل بقية الألكهيدات الفينولية .  
 ويستخدم مشتق الأوكريم لهذا الالدهيد في الكشف عن الاستون ، وكذلك في التقدير  
 الكمي لمعدن النحاس .

#### الخواص الكيميائية :

##### ١ - كاشف شيف :

على الرغم من أن الساليسالدهيد يحتوي على مجموعة الألكهيد إلا أنه يعيد اللون إلى كاشف  
 شيف ( اختبار سالب ) .

##### ٢ - التأكسد :

يتأكسد الساليسالدهيد بسهولة إلى الحمض المقابل له ؛ وهو حمض الساليسليك . وذلك  
 في وجود بعض المواد المؤكسدة مثل برمنجنات البوتاسيوم .





ضع مخلوطاً من  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من الساليسالدهيد ، ١٥ سم<sup>٣</sup> من محلول برمنجنات البوتاسيوم المشبع ،  $\frac{1}{4}$  جم من كربونات الصوديوم في ورق مخروطي صغير ، ثم سخن هذا المخلوط فوق حمام مائي لمدة عشر دقائق - حمض المحلول ثم أضف إليه محلولاً مشبعاً من كبريتيت الصوديوم حتى يذوب جميع ثنائي أكسيد المنجنيز المترسب - برد المحلول ، ولاحظ انفصال حمض الساليسليك على هيئة بلورات عديمة اللون تنصهر عند (١٥٨°م) .

### ٣ - الاختزال :

لا يختزل الساليسالدهيد كلا من محلول فهلنج أو نترات الفضة النشاذية .  
لاحظ عند إجراء التجربة أن محلول فهلنج يتلون باللون الأخضر الباهت ولكنه لا يختزل -  
لاحظ أن الساليسالدهيد يختزل محلول نترات الفضة النشاذية إذا ترك المزيج جانباً لمدة طويلة :

### ٤ - تفاعل كانيزارو :

لا يعطى الساليسالدهيد تفاعل كانيزارو بسهولة ولكن يعطى محلولاً أصفر اللون مع هيدروكسيد الصوديوم - وعند استخدام محلول مركز ساخن من هيدروكسيد الصوديوم يتأكسد الساليسالدهيد في وجود الهواء الجوى إلى حمض الساليسليك .  
أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الساليسالدهيد إلى ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول ٣٠٪ من هيدروكسيد الصوديوم ، ثم سخن المزيج تسخيناً هيناً مع الرج لمدة عشر دقائق - لاحظ تلون المحلول باللون الأصفر . حمض المحلول البارد باحتراس ، لاحظ انفصال حمض الساليسليك عند تبريد المحلول .

### ٥ - كلوريد الحديدك :

يحتوى الساليسالدهيد على مجموعة الهيدروكسيل الفينولية ، وهو لهذا يعطى لوناً مميزاً مع محلول كلوريد الحديدك .  
أضف قطرتين من الساليسالدهيد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الماء في أنبوبة اختبار رج المزيج ، ثم أضف قطرتين من محلول كلوريد الحديدك ، وأعد رج المزيج مرة أخرى لاحظ تلون المحلول باللون البنفسجي :

## ٦ - هيدروكسيد الأمونيوم :

يعطى الساليسالدهيد مع هيدروكسيد الأمونيوم راسباً أبيض من مركب الهيدروساليسيلاميد .

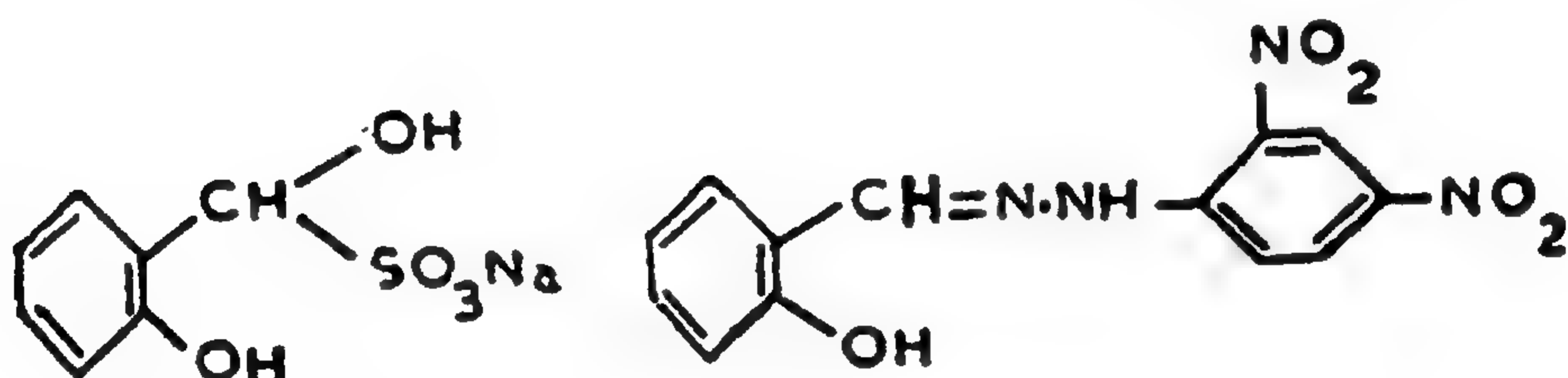


أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الأمونيوم إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الساليسالدهيد ولاحظ تكون راسب أبيض في الحال .

## ٧ - تكوين مركب مشتق :

يتفاعل الساليسالدهيد بالإضافة مع محلول بيكربيت الصوديوم المشبع . معطياً مركب اليكبريتيت ، ولاحظ أن التفاعل بطيء نسبياً .

ويتفاعل الساليسالدهيد كذلك عن طريق انفصال الماء مع بعض المركبات مثل فينيل الهيدرازين أو ٢ : ٤ - ثنائي تروفينيل الهيدرازين .



مركب اليكبريتيت

مركب فينيل الهيدرازون

( أ ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الساليسالدهيد إلى حوالي ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربيت الصوديوم المشبع ، ثم رج المزيج جيداً ، لاحظ أن انفصال مركب اليكبريتيت لا يحدث إلا بعد رج المزيج لمدة تقرب من الثلاث دقائق والتبريد .

( ب ) أضف قطرتين من الساليسالدهيد إلى محلول كحول من كبريتات ٢ : ٤ ثنائي تروفينيل الهيدرازين ، سخن المزيج بلطف ، برد المحلول ورشح الصلب الناتج أحمر اللون . وعين درجة انصهاره ( ٢٤٨°م ) :

## الكيتونات

الكيتونات عبارة عن مركبات تحتوي على مجموعة الكربونيل  $\text{C}=\text{O}$  مرتبطة بفترتين من الكربون - وتنقسم مجموعة الكيتونات إلى كيتونات إيفاتية مثل الأسيتون وإلى كيتونات عطرية مثل البترفينون .

## الأسيتون $\text{CH}_3\text{CO.CH}_3$

### الخواص الطبيعية :

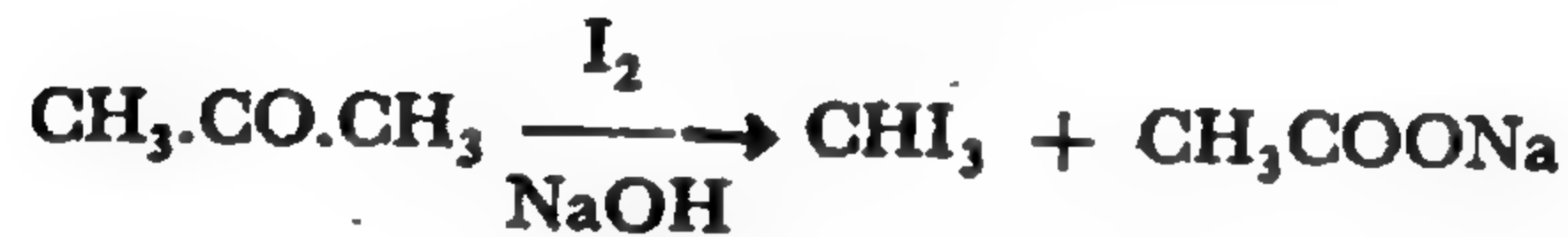
يوجد الأسيتون - أبسط أعضاء مجموعة الكيتونات - بكميات ضئيلة في سوائل الجسم ، وربما كان ناتجاً من تأكسد الدهن وهو يوجد كذلك بكميات صغيرة ضمن نواتج التقطير الإتلافي للخشب :

والأسيتون سائل عديم اللون ، يغلي عند درجة  $57^\circ\text{C}$  وله رائحة لطيفة مميزة ، وهو يمتزج بالماء بجميع النسب إلا أنه يمكن طرده من المحلول بإذابة كمية كبيرة من كلوريد الكالسيوم الصلب .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - اختبار اليودوفورم :

يعطى الأسيتون اختبار اليودوفورم على البارد كما يلي :



اخلط ١ سم<sup>٣</sup> من الأسيتون مع ١ سم<sup>٣</sup> من الماء ، ثم أضف ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول اليود في يوديد البوتاسيوم - أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم على قطرات ولاحظ اختفاء لون اليود وظهور راسب متبلر من اليودوفورم ذي الرائحة الخاصة المميزة . ( يعطى الأسيتون هذا الاختبار على البارد وذلك بخلاف الكحول الأثيري والاسيتالدهيد ) .

#### ٢ - التأكسد :

لا يتأثر الأسيتون بالعوامل المؤكسدة متوسطة القوة في درجات الحرارة العادية ولكنه يتأكسد ببطء عند تسخينه إلى درجة الغليان مع محلول بزمجئات البوتاسيوم متحولاً إلى حمض الخليك :  
وبما أن الأسيتون لا يتأثر بالعوامل المؤكسدة بسهولة ، فإنه لا يتصرف - إذن - كعامل مختزل :



أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول بزمجئات البوتاسيوم المخفف إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الأسيتون ولاحظ عدم اختفاء لون البزمجئات - سخن المحلول تسخيناً هيناً ولاحظ زوال لون البزمجئات تدريجياً وتصادف أبخرة حمض الخليك ذات الرائحة المميزة .

### ٣ - اختبارات ذات ألوان مميزة :

يعطى الأسيتون ألواناً مميزة مع كحل من نيتروبروسيد الصوديوم ، ميتا - ثنائي نثرو البترول وتعتبر هذه الألوان مميزة لمجموعة الكيتونات التي تظهر بها المجموعة (  $\text{CH}_3 \text{ CO}$  )

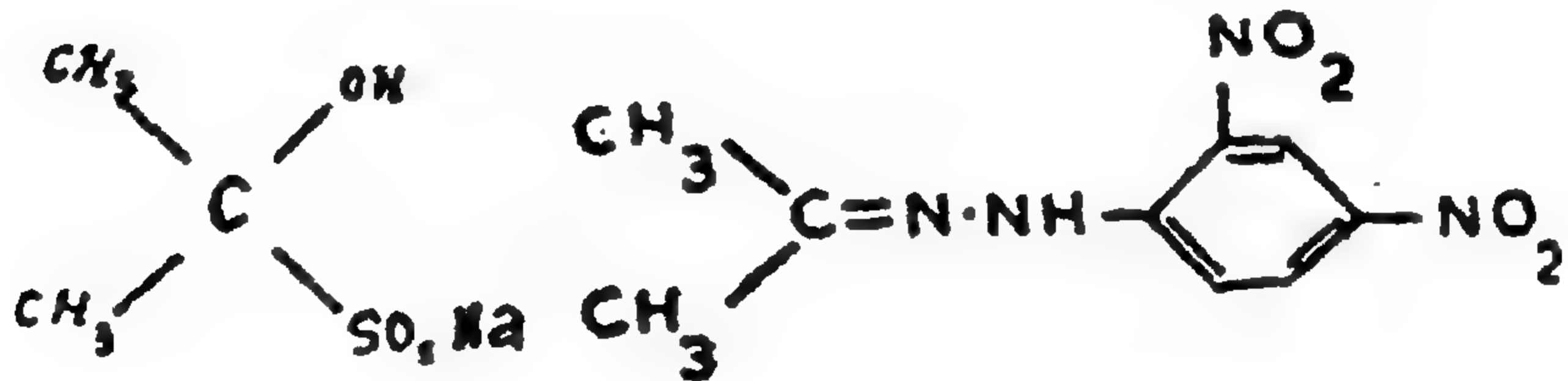
( أ ) أضف قطرة من الأسيتون إلى حوالي ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نيتروبروسيد الصوديوم المجهز حديثاً ، ثم أضف إليه محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف على قطرات ، لاحظ تلون المحلول باللون الأحمر .

استبدل محلول هيدروكسيد الصوديوم بالقاعدة العضوية المسماة بيريدين ولاحظ تلون المحلول باللون الأزرق ..

( ب ) أضف بضع بلورات من مركب ميتا - ثنائي نثرو البترول إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الأسيتون ثم أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف على قطرات ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر .

### ٤ - تكوين مركب مشتق :

يتفاعل الأسيتون - مثل الألكهيدات - مع بعض المواد المحتوية على الهيدروجين مثل بيكبريتيت الصوديوم معطياً مركبات بالإضافة .



ويتفاعل الأسيتون أيضاً مع بعض المركبات التي تحتوي على الهيدروجين مثل ٢ : ٤ - ثنائي نثروفينيل الهيدرازين معطياً مركبات يتفصل عند تكوينها الماء .

( أ ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الأسيتون إلى حوالي ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول مشبع من بيكبريتيت الصوديوم في الماء ، ثم رج المحلول مع التبريد ، ولاحظ انفصال راسب أبيض متبلر من مركب بالإضافة المتكون .

( ب ) أضف بضع قطرات من الأسيتون إلى حوالي ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول كبريتات ٢ : ٤ - ثنائي نثروفينيل الهيدرازين الكحولي ، ثم سخن المزيج تسخيناً هيناً ، برد المحلول ورشح الراسب الأصفر المتكون ، ثم أعد بلورته من الكحول وعين درجة انصهار البلورات .

درجة الانصهار ١١٨° م .

## الأحماض العضوية

تحتوى جميع الأحماض العضوية على المجموعة الحمضية  $\text{COOH}$  - المسماة بمجموعة الكربوكسيل ، وتتفصل ذرة الهيدروجين المتصلة بهذه المجموعة - في محاليل الأحماض المائية على هيئة أيون تحمل محله المعادن مكونة أملاح هذه الأحماض وتنقسم الأحماض إلى قسمين رئيسيين هما الأحماض الأليفاتية والأحماض العطرية كما أن هذه تنقسم أيضاً إلى أقسام مختلفة تبعاً لعدد مجموعات الكربوكسيل الموجودة بالجزيء ، أو تبعاً لنوع وعدد المجموعات الأخرى التى تتصل بجزيء الحمض ، فهناك مثلاً :

### الأحماض الأليفاتية :

وهى تنقسم إلى :

- ( أ ) أحماض أحادية . مثل حمض الفورميك وحمض الخليك وهى تقع تحت مجموعة الأحماض الدهنية .
- ( ب ) أحماض ثنائية القاعدية : مثل حمض الأكساليك .
- ( ج ) أحماض هيدروكسيلية . مثل حمض الطرطريك وحمض الستريك وهى أحماض عديدة القاعدية .

### الأحماض العطرية :

وهى تنقسم إلى :

- ( أ ) أحماض أحادية القاعدية ، مثل حمض البتريك .
- ( ب ) أحماض هيدروكسيلية . مثل حمض الساليسيليك ، وهو حمض فينولى .

### تحضير محلول متعادل من الحمض .

تحتاج بعض التفاعلات المستخلصة في الكشف عن الأحماض إلى تحضير محلول متعادل من الحمض الذى يمكن تحضيره كما يلي :

أضف محلول هيدروكسيد الأمونيوم إلى محلول الحمض في الماء ( أو إلى الحمض نفسه ) حتى يصير المحلول قلويًا ( اكشف بواسطة عباد الشمس ) ، ثم سخن المحلول الناتج إلى درجة الغليان لمدة قصيرة ، وذلك لطرد الزيادة من النشادر - ويحتوى المحلول المتبقى في هذه الحالة على الملح النشادرى المتعادل للحمض .



## الأحماض الأليفاتية

### أولا : الأحماض أحادية القاعدية :

تعرف الأحماض الأليفاتية المشبعة ، أحادية القاعدية باسم الأحماض الدهنية حيث أن كثير منها يوجد متحد ضمن مكونات الدهن ، ويرمز لهذه الأحماض بالصيغة الكيميائية العامة  $C_nH_{2n}O_2$

### حمض الفورميك $H.COOH$

#### الخواص الطبيعية :

حمض الفورميك حمض اليقاني ، أحادي القاعدية ، وهو يعتبر أول أفراد مجموعة الأحماض الأليفاتية المسماة بالأحماض الدهنية .  
ويوجد حمض الفورميك ضمن إفرازات النمل ، ويمكن الحصول عليه بتقطير النمل نفسه ولذا فهو يسمى أحيانا حمض النمل .

وحمض الفورميك سائل عديم اللون ، ذو رائحة نفاذة وتأثير حارق على الجلد وهو أثقل من الماء ، ويمتزج به جميع النسب ، وتذوب جميع أملاح الحمض ( الفورمات ) في الماء ما عدا أملاح الفضة والزرنيق والرصاص وبعض الأملاح القاعدية .

#### الخواص الكيميائية :

##### ١ - الخاصية الحمضية :

تتميز جميع الأحماض العضوية بالخاصية الحمضية وهي خاصية ناتجة من وجود مجموعة الكربوكسيل ، فهي تتفاعل مع بيكربونات الصوديوم ، مكونة الملح الصوديومي للحمض ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون ويعتبر تصاعد هذا الغاز دليلا على وجود مجموعة الكربوكسيل الحرة غير المتحددة .



أضف بضع قطرات من حمض الفورميك إلى ١ سم<sup>3</sup> من الماء ، ثم أضف هذا المحلول إلى

١ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربونات الصوديوم في الماء ، ولاحظ حدوث فوران نتيجة لتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون .

[ يجب إجراء هذا الاختبار على البارد ، ولا تعطى أملاح الحمض ( الفورمات ) هذا الكشف ] .

## ٢ - حمض الكبريتيك المركز :

عند تسخين حمض الفورميك مع حمض الكبريتيك المركز ينحل الأول إلى أول أكسيد الكربون والماء .



ومن المستحسن استخدام ملح الحمض ( فورمات ) في هذا الاختبار .  
ضع قليلاً من فورمات الصوديوم في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ، وسخن تسخيناً هيناً - لاحظ حدوث فوران نتيجة لتصاعد غاز أول أكسيد الكربون الذي يشتعل عند حافة الأنبوبة بلهب أزرق .

## ٣ - التأكسد :

حمض الفورميك سريع التأكسد متحولاً إلى ثاني أكسيد الكربون والماء .

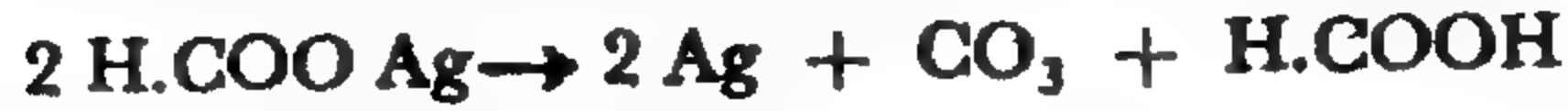


أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الفورميك في الماء ، ثم أضف بضع قطرات من برمنجنات البوتاسيوم - لاحظ اختفاء لون البرمنجنات فوراً .

## ٤ - الاختزال :

بما أن حمض الفورميك سريع التأكسد ، فهو ينصرف كعامل مختزل فسريراً ما يختزل أملاح الفضة إلى معدن الفضة ، كما أنه يختزل كلوريد الزئبق إلى كلوريد الزئبقوز ، ثم إلى معدن الزئبق ، وذلك في وجود زيادة من الحمض نفسه :

وخاصية الاختزال التي يتصف بها حمض الفورميك لا تمتلكها بقية الأحماض العضوية .  
وذلك لاحتواء حمض الفورميك على ذرة الهيدروجين التي تعطيه تركيباً مشابهاً لتركيب الألكهيدات .

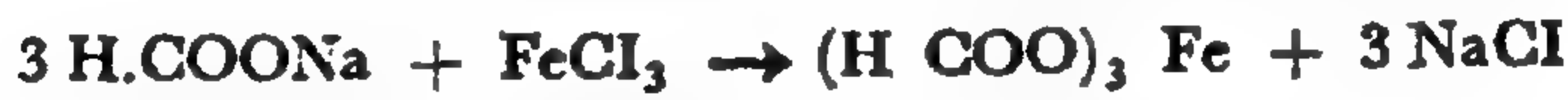


( أ ) حضر محلولاً متعادلاً من الحمض ثم أضف إليه محلول نترات الفضة النشارى ، لاحظ تكون راسب أبيض من فورمات الفضة الذى سرياً ما يتلون باللون الأسود ( أو مرآة ) لاختراله إلى معدن الفضة .

( ب ) حضر محلولاً متعادلاً من الحمض ، ثم أضف إليه محلول كلوريد الزئبق ولاحظ تكون راسب أبيض من كلوريد الزئبق الذى يختل إلى معدن الزئبق عند تسخينه مع زيادة من محلول الحمض المتعادل .

#### ٥ - كلوريد الحديديك :

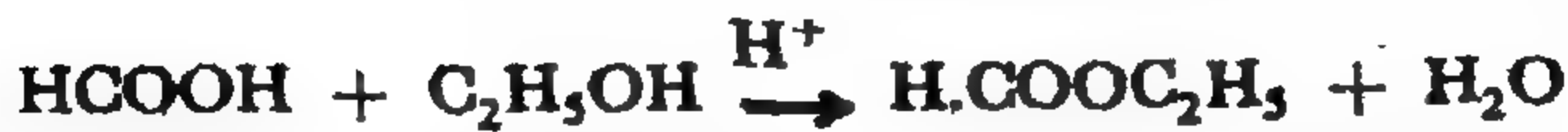
يتفاعل حمض الفورميك ( فى محلوله المتعادل ) مع كلوريد الحديديك معطياً فورمات الحديديك التى تتحول بالتسخين إلى فورمات الحديديك القاعدية .



أضف بضع قطرات من محلول كلوريد الحديديك إلى محلول حمض الفورميك المتعادل ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر - سخن المحلول ولاحظ ظهور راسب بني اللون من فورمات الحديديك القاعدية .

#### ٦ - تكوين الأستر :

تتفاعل الكحولات مع الأحماض بفقد الماء لتكوين الأسترات ، وتزداد سرعة هذا التفاعل بإضافة الأحماض القوية مثل حمض الكبريتيك .



اخلط ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الفورميك مع ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الأثيل فى أنبوبة اختيار جافة ، ثم أضف إلى المزيج ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ، سخن المخلوط فى حمام مائى لمدة خمس دقائق ، برد المخلوط ، ثم صبه فى كأس به محلول مخفف من بيكربونات الصوديوم ، لاحظ ظهور الرائحة العطرية لاستر فورمات الأثيل .

## حمض الخليك $\text{CH}_3\text{COOH}$

### الخواص الطبيعية :

حمض الخليك ، حمض أليفاتي ، أحادي القاعدية ، وهو يمثل في خواصه وتفاعلاته مجموعة الأحماض الدهنية أصدق تمثيل ، وهو عبارة عن مادة صلبة متبلرة تشبه الثلج ، تنصهر عند درجة  $17^\circ\text{C}$  . متحولة إلى سائل عديم اللون يغلي عند درجة  $116^\circ\text{C}$  ذي رائحة تشبه رائحة الخل .

وحمض الخليك أثقل من الماء ، وهو يمتزج به بجميع النسب ، ويمتص الرطوبة من الجو وهو في محاليله المخففة غير سام ، إلا أنه بحالته الخالصة ذو تأثير سام حارق على الجلد . وتذوب جميع أملاح الحمض في الماء ، ماعدا أملاح الفضة ، والزرنيقوز ، وبعض الأملاح القاعدية .

### الخواص الكيميائية

#### ١ - الخاصية الحمضية :

أضف بضع قطرات من حمض الخليك إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الماء ، ثم أضف هذا المحلول إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربونات الصوديوم في الماء ولاحظ حدوث فوران نتيجة لتصادم غاز ثاني أكسيد الكربون .  
( أملاح الحمض لا تعطي هذا الاختبار )

#### ٢ - حمض الكبريتيك :

ليس لحمض الكبريتيك المركز تأثير محسوس على حمض الخليك . ويحل حمض الكبريتيك المركز أو المخفف محل حمض الخليك ، في أملاحه ويمكن تمييزه برائحته الخاصة .

#### ٣ - التأكسد :

يتميز حمض الخليك بمقاومته لفعل العوامل المؤكسدة ، حتى أنه غالباً ما يستخدم كمنظف لبعض المواد العضوية التي يراد أكسبتها .  
( ١ ) حضر محلولاً مخففاً من حمض الخليك في الماء ، ثم أضف إليه بضع قطرات من محلول برمنجنات البوتاسيوم المخفف - لاحظ عدم زوال لون البرمنجنات .

(ب) سخن مخلوطاً مكوناً من  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من حمض الخليك الثلجى ،  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من حمض النريك المركز - لا يحدث أى تفاعل محسوس .

#### ٤ - الاختزال :

حمض الخليك ليس له القدرة على الاختزال ، وذلك لمقاومته للتأكسد ، كما سبق شرحه ، وهو يختلف فى هذا عن حمض الفورميك .

(١) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض المتعادل ، ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة النشارى - لاحظ تكون راسب أبيض من خلاات الفضة على البارد . الذى يذوب بالتسخين .  
(ب) أضف إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض المتعادل ١ سم<sup>٣</sup> من كلوريد الزئبقيك ، لا يتكون راسب .

#### ٥ - كلوريد الحديديك :

يتفاعل حمض الخليك ( فى محلوله المتعادل ) مع كلوريد الحديديك مكوناً خلاات الحديديك التى تتحول بالتسخين إلى خلاات الحديديك القاعدية .



أضف إلى محلول حمض الخليك المتعادل بضع قطرات من محلول كلوريد الحديديك ، لاحظ تلون المحلول باللون الأحمر - سخن المحلول لدرجة الغليان ، ولاحظ انفصال راسب بني من خلاات الحديديك القاعدية :

#### ٦ - تكوين الأستر :

يتفاعل حمض الخليك مع كل من الكحول الإيثيل والكحول الأميل ويعطى أسترات خلاات الأثيل ، وخلاات الأميل على الترتيب التى تتميز بروائح عطرية خاصة .

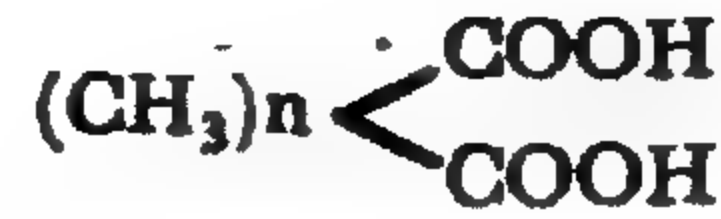
(١) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الخليك إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الإيثيل ثم أضف  $\frac{1}{4}$  سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ، سخن المزيج فوق حمام مائى لمدة خمس دقائق ، برد المحلول ، ثم صبه فى كأس به محلول بيكربونات الصوديوم ، ولاحظ تصاعد أبخرة خلاات الأثيل ذات الرائحة العطرية .

(ب) أعد التجربة السابقة مع استخدام ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الأميل ولاحظ الرائحة العطرية لأستر خلاات الأميل التى تشبه رائحة الموز .

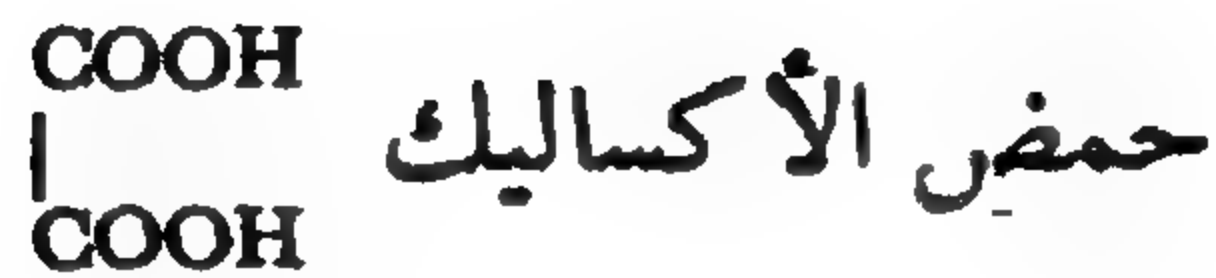


## ثانياً : الأحماض ثنائية القاعدية :

تتميز أعضاء هذه المجموعة بوجود مجموعتين من مجموعات الكربوكسيل في الجزيء - وتعطى الأحماض ثنائية القاعدية نوعين من الأملاح والأسترات والأميدات . . إلخ ويرمز لها بالصيغة الكيميائية العامة :



حيث تساوى (n) صفراً أو أى عدد صحيح .



### الخواص الطبيعية :

حمض الأكساليك حمض ثنائي القاعدية ، وهو يوجد على هيئة مادة صلبة متبلرة تحتوى جزيئين من ماء التبلر ، ويمكن الحصول على الحمض اللامائي بتسخين الحمض عند درجة ٧٠° مئوية لبعض الوقت ، وحمض الأكساليك عديم الرائحة ، ذو طعم لاذع ، وهو سام جداً ، بحيث تكفى جرعة منه ، لا يزيد عن الجرام الواحد لإحداث الموت . وحمض الأكساليك يذوب في الماء بسهولة ، متوسط الذوبان في الكحول وقليل الذوبان في الأثير ، ولكنه عديم الذوبان في أغلب المذيبات الأخرى مثل الكلوروفورم والبتريول .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - تأثير الحرارة :

لا يتأثر حمض الأكساليك بدرجات الحرارة المتوسطة ولكنه ينحل ويتكسر إلى حد ما عند تسخينه في درجات حرارة أعلى من ١٦٠ درجة مئوية - وهو يتسامى في درجات حرارة أقل من الدرجة المذكورة ، وينحل بعض بخاره إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وحمض الفورميك .

ضع بضع بلورات من حمض الأكساليك في أنبوبة اختبار ، ثم سخنها تسخيناً هيناً ولاحظ التغيرات التالية :

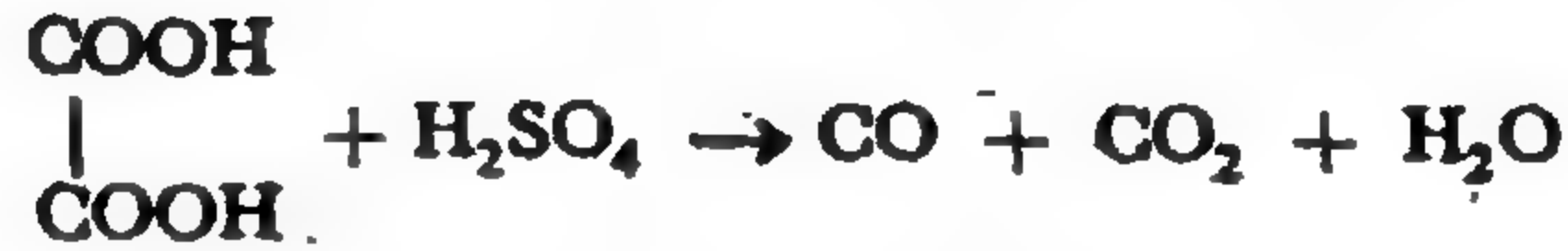
تنصهر البلورات أولاً . ثم يتصاعد بخار الماء ، وأخيراً يتسامى الحمض . - لاحظ علم حدوث تفحم :

## ٢ - الخاصية الحمضية :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربونات الصوديوم المخفف إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الأكساليك في الماء ، ولاحظ حدوث فوران نتيجة لتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون .  
أملاح الحمض ( الأكسالات ) لا تعطى هذا الاختبار .

## ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

ينحل حمض الأكساليك في وجود المواد الماصة للماء . وخاصة حمض الكبريتيك ، إلى أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون .



ضع قليلاً من حمض الأكساليك الصلب في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف إليه ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز لاحظ حدوث فوران نتيجة لتصاعد غازات أول وثاني أكسيد الكربون ، وعدم حدوث تفحم :

## ٤ - التأكسد :

يتصرف حمض الأكساليك كعامل مختزل ، وذلك لسهولة تأكسده إلى ثاني أكسيد الكربون والماء في وجود بعض المواد المؤكسدة مثل برمنجنات البوتاسيوم وحمض النتريك المركز .  
أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المخفف إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الأكساليك في الماء ، ثم أضف بضع قطرات من محلول برمنجنات البوتاسيوم ، سخن المحلول تسخيناً هيناً ولاحظ اختفاء لون البرمنجنات .

## ٥ - كلوريد الكالسيوم :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كلوريد الكالسيوم إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض المتعادل ولاحظ انفصال راسب أبيض من أكسالات الكالسيوم - اختبر ذوبان الراسب في الأحماض ، ولاحظ أنه يذوب في الأحماض المعدنية ، ولا يذوب في حمض الخليك .

## ٦ - كلوريد الحديديك :

لا يعطى كلوريد الحديديك مع محلول الحمض المتعادل أى لون مميز :

## ٧ - نترات الفضة :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة إلى حوالي ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض المتعادل ولاحظ تكون راسب أبيض من إكسالات الفضة - اختبر ذوبان الراسب في كل من هيدروكسيد الأمونيوم وحمض النريك المخفف ( يذوب في كلتا الحالتين ) .

## ثالثاً - الأحماض الهيدروكسيلية :

تحتوي هذه الأحماض على مجموعة أو أكثر من مجموعات الهيدروكسيل علاوة على احتوائها على مجموعة الكربوكسيل .

وبعض هذه الأحماض ذات أهمية خاصة ، وذلك لأنها توجد طبيعياً في أجسام بعض الحيوانات والنباتات مثل حمض اللاكتيك وحمض الطرطريك وحمض الستريك .



## الخواص الطبيعية :

حمض الطرطريك حمض ثنائي القاعدية ، يحتوي على مجموعتين من مجموعات الهيدروكسيل . وحمض<sup>١</sup> الطرطريك عبارة عن مادة صلبة متبلرة ذات مذاق حمضي وهو يذوب في كل من الماء والكحول . عديم الذوبان في الأثير ، وينصهر عند درجة ١٦٩ مئوية .

## الخواص الكيميائية :

### ١ - تأثير الحرارة :

يتحول حمض الطرطريك . عند تسخينه . إلى الأنثريد الذي سريعاً ما ينحل إلى حمض البيروفيك . وكثير من النواتج الأخرى .

سخن كمية صغيرة من حمض الطرطريك . أو أحد أملاحه ، في أنبوبة اختبار جافة نسخياً هيناً ، لاحظ تصاعد أبخرة حمضية التأثير تحتوي على الأسيتالدهيد والأسيتون وحمض الفورميك . . . إلخ . وتشبه رائحة الأبخرة رائحة السكر المحترق - لاحظ حدوث تفحم .

### ٢ - الخاصية الحمضية :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الطرطريك في الماء إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربونات

الصوديوم في الماء ، ولاحظ حدوث فوران نتيجة لتصادم غاز ثاني أكسيد الكربون .  
( تعطي أملاح « الطرطرات » هذا الاختبار )

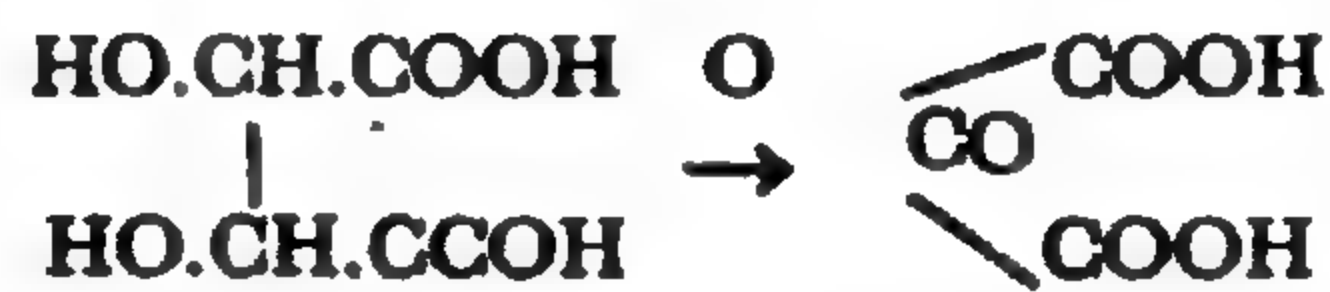
### ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

ينحل حمض الطرطريك ، في وجود المواد الماصة للماء ، وخاصة في وجود حمض الكبريتيك المركز .

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز إلى كمية صغيرة من حمض الطرطريك الصلب ، ثم سخن ، ولاحظ حدوث تفحم سريع ، وتصادم غاز ثاني أكسيد الكربون .

### ٤ - التأكسد :

يتأكسد حمض الطرطريك بسهولة متحولاً إلى حمض الطرطرونيك وأخيراً إلى ثاني أكسيد الكربون والماء .



( أ ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المخفف إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الطرطريك في الماء ، ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم سخن المحلول الناتج ولاحظ تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون وتحول لون المحلول إلى اللون الأخضر .

( ب ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المخفف إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الطرطريك في الماء . ثم أضف بضع قطرات من محلول برمنجنات البوتاسيوم لاحظ اختفاء لون البرمنجنات .

### ٥ - الاختزال :

يتصرف حمض الطرطريك وأملاحه كعامل مختزل . وذلك نتيجة لسهولة تأكسده فهو يختزل محلول نترات الفضة النشادرى إلى معدن الفضة ويستخدم هذا التفاعل في صناعة المرايا .

( أ ) أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة النشادرى إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الطرطريك المتعادل ، ثم دق المحلول بغمره في كأس به ماء ساخن ، لاحظ تكون مرآة من الفضة على جدار الأنبوبة الداخلى .

( ب ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض المتعادل - لاحظ تكون راسب أبيض من طرطرات الفضة .

مبادئ الكيمياء العملية

## ٦ - أملاح حمض الطرطريك :

تتميز بعض أملاح حمض الطرطريك بكونها قليلة الذوبان في الماء وهي بذلك تستخدم في التعرّض - أو الكشف عن الحمض ، ومن أمثلة هذه الأملاح طرطرات الكالسيوم وطرطرات البوتاسيوم الهيدروجينية .

( أ ) أضف بضع قطرات من محلول كلوريد الكالسيوم إلى ١ سم<sup>٣</sup> محلول حمض الطرطريك المتعادل - لاحظ تكون راسب أبيض من طرطرات الكالسيوم ببطء ، وذاك بعد رج المحلول لفترة قصيرة - اختبر ذوبان الراسب ولاحظ أنه يذوب في كل من الأحماض المعدنية وحمض الخليك .

( ب ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول مشبع من كلوريد البوتاسيوم إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول مركز من حمض الطرطريك في الماء ، ولاحظ انفصال راسب أبيض متبلر من طرطرات البوتاسيوم الهيدروجينية على البارد .

## ٧ - اختبارات ذات ألوان مميزة :

يعطى حمض الطرطريك ألواناً مميزة مع بعض المواد الكاشفة ، كما يلي :

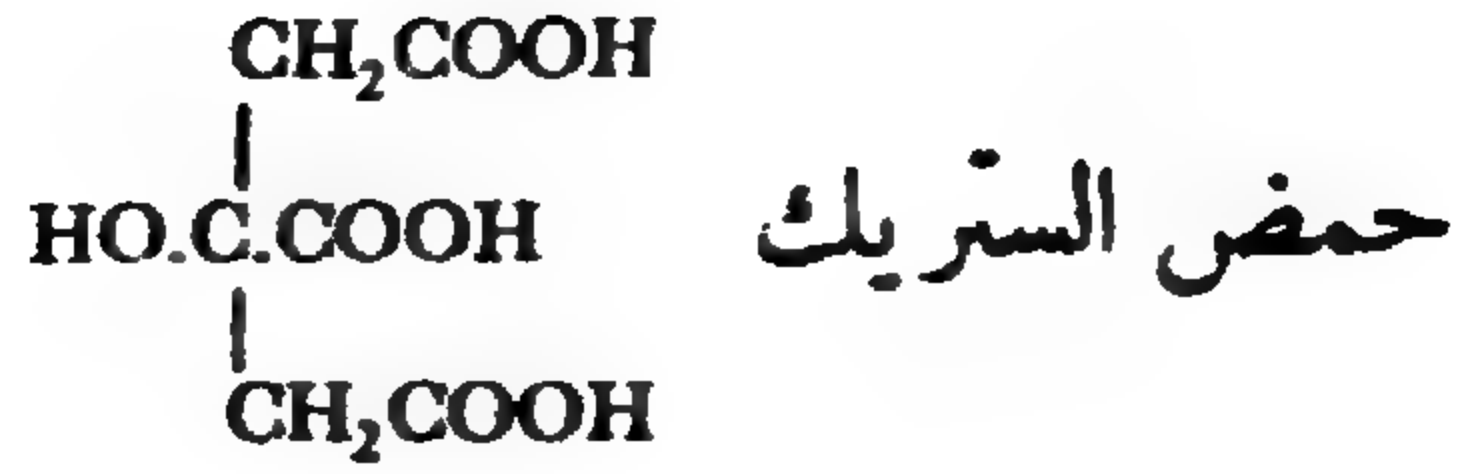
( أ ) أضف بضع قطرات من محلول نترات النكوبت إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الطرطريك في الماء ، ثم أضف زيادة من محلول هيدروكسيد الصوديوم ( حوالي ٢ سم<sup>٣</sup> ) لاحظ أن المحلول يبقى عديم اللون في البارد ، ويتحول إلى اللون الأزرق بالتسخين - برد المحلول ، ولاحظ اختفاء اللون مرة أخرى .

( ب ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول الريزورسينول إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الطرطريك في الماء ، ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز بحيث يتلّقى على جدار الأنبوبة مكوناً طبقة منفصلة بقاع الأنبوبة ، سخن تسخيناً هيناً بغمر المزيج في كأس به ماء ساخن ولاحظ ظهور حلقة بنفسجية عند سطح الانفصال .

( جـ ) أضف قطرة من محلول كبريتات الحديدوز إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الطرطريك ، ثم أضف محلول فوق أكسيد الهيدروجين المخفف ، على قطرات حتى يتحول لون المحلول إلى الأخضر ، أضف زيادة من محلول هيدروكسيد الصوديوم ، لاحظ تلون المحلول باللون البنفسجي .

( د ) اخلط بضع بلورات من حمض الطرطريك مع بضع بلورات من مركب بيتا - نافتول في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز وسخن ، لاحظ تلون المحلول باللون الأخضر - خفف المحلول بالماء ولاحظ تغير اللون الأخضر إلى البرتقالي .





### الخواص الطبيعية :

#### حمض الستريك :

حمض ثلاثي القاعدة : يحتوى جزيؤه على مجموعة واحدة من مجموعات الهيدروكسيل ، وهو عبارة عن مادة متبلرة صلبة ، ويوجد حمض الستريك فى عصير الليمون وهو يذوب فى الماء ، ويذوب بقليل فى الأثير ، وهو يفقد ماء التبلر عند تسخينه إلى حوالى ٢٣٠° مئوية متحولاً إلى الحمض اللامائى الذى ينصهر عند درجة ١٥٣° م ، ويعطى حمض الستريك ثلاثة أنواع من الأملاح والاسترات .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - تأثير الحرارة :

ينحل حمض الستريك وأملاحه بتأثير الحرارة إلى عديد من المركبات : سخن كمية قليلة من حمض الستريك فى أنبوبة اختبار جافة ولاحظ تصاعد بعض الأبخرة النفاذة : وحلوت تفحم فى النهاية .

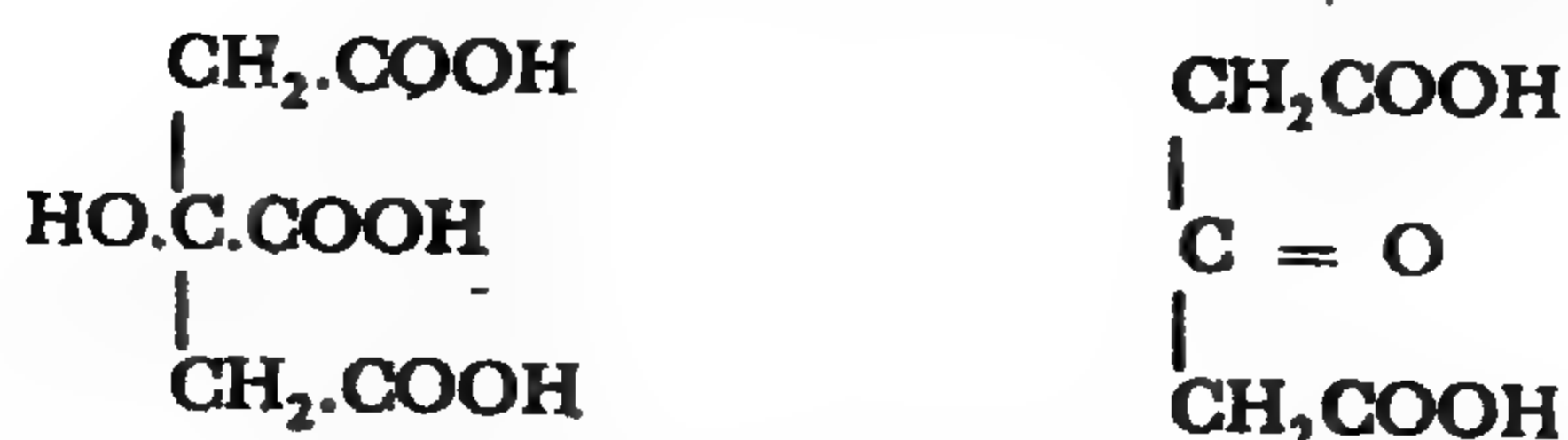
#### ٢ - حمض الكبريتيك المركز :

يؤثر حمض الكبريتيك المركز فى حمض الستريك بنفس الطريقة التى تؤثر بها فى حمض الأكساليك . ولا يتفحم حمض الستريك فى وجود حمض الكبريتيك المركز . ولكنه يعطى محلولاً أصفر اللون يميل إلى اللون البنى يحتوى على حمض ثنائى كربوكسيل الأستون . أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز إلى كمية صغيرة من حمض الستريك الصلب ، ثم سخن بشدة : لاحظ تصاعد غازات أول وثانى أكسيد الكربون . وثانى أكسيد الكبريت . وأن المحلول قد يتلون باللون الأصفر .

#### ٢ - اختبار دينجر :

يتأكسد حمض الستريك : فى وجود العوامل المؤكسدة إلى كثير من التواتج فهو يتأكسد

في وجود برمنجنات البوتاسيوم إلى حمض ثاني كربوكسيل الأسيتون :



أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول دينيجز رقم ١ (محلول كبريتات الزئبق) إلى ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الستريك المتعادل ، ثم يسخن المحلول لدرجة الغليان - أضف قطرتين من محلول دينيجز رقم ٢ (محلول برمنجنات البوتاسيوم ٢ ٪) ولاحظ زوال لون البرمنجنات على الفور وتكون راسب أبيض من ملح الزئبق المزدوج لكل من حمض الكبريتيك وثاني كربوكسيل الأسيتون :

### ٣ - الاختزال :

يتصرف حمض الستريك كعامل مختزل ، وذلك نتيجة لسهولة تأكسده إلا أن قدرته على الاختزال أقل من قدرة حمض الطرطريك :

أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة النشادرى إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الستريك المتعادل ، ثم دق المحلول بغمرة في كأس به ماء ساخن - لاحظ عدم حدوث تغير ظاهري - سخن المحلول لدرجة الغليان لفترة قصيرة ولاحظ تكون مرآة من الفضة أو راسب أسود يبطء ملحوظ .

### ٤ - كلوريد الكالسيوم :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كلوريد الكالسيوم إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الستريك المتعادل ، ولاحظ عدم تكون راسب على البارد ، أو رج المحلول - سخن المحلول لدرجة الغليان لمدة قصيرة ، ولاحظ تكون راسب أبيض من نترات الكالسيوم .

( يستخدم هذا الاختبار للفرقة بين حمض الستريك وبين حمض الأكساليك والطرطريك )

### ٦ - تكوين الأسيتون :

عند تأكسد حمض الستريك بواسطة برمنجنات البوتاسيوم ، يكون الإسيتون من بين نواتج التفاعل .

أضف بضع قطرات من محلول برمنجنات البوتاسيوم إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول مركز من حمض

الستريك في حمض الخليك ، ولاحظ اختفاء لون البرمنجنات : أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول اليود ، وتكون راسب أصفر من اليودوفورم :  
تستخدم التفاعلات السابقة في الكشف عن أملاح الأحماض ( الأكسالات والطرطرات والسترات ) .

## الأحماض العطرية

أهم أعضاء مجموعة الأحماض العطرية ، هي الأحماض التي توجد فيها مجموعة الكربوكسيل  $\text{COOH}$  - مرتبطة ارتباطاً مباشراً مع نواة البنزول مثل حمض البنزويك وحمض الساليسيليك .

### حمض البنزويك $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$

#### الخواص الطبيعية :

يوجد حمض البنزويك بين مكونات صمغ البنزوين ، وفي بعض أنواع البلسم والراتنج ، ويمكن تحضيره من صمغ البنزوين بتسخين الصمغ حيث يتسامى الحمض .  
وحمض البنزويك مادة صلبة متبلرة تتسامى بالتسخين ، ذات رائحة عطرية خفيفة وهو قليل الذوبان في الماء البارد ( ٠.٣ ٪ ) متوسط الذوبان في الماء الساخن عند درجة الغليان ( ٦ ٪ ) .

#### الخواص الكيميائية :

##### ١ - الخاصية الحمضية :

أذوب بضع بلورات من حمض البنزويك في ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول الكحول في الماء ( ١ سم<sup>٣</sup> من كل منهما ) ثم أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربونات الصوديوم في الماء ، لاحظ حدوث فوران نتيجة لتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون :



يستخدم هذا التفاعل للكشف عن مجموعة الكربوكسيل الحرة غير المتحللة ويجب إجراؤه على البارد ، ويمكن إجراء الاختبار بإضافة الحمض الصلب إلى محلول بيكربونات الصوديوم في الماء .

## ٢ - إزالة مجموعة الكربوكسيل :

من أهم الفروق القائمة بين الأحماض الأليفاتية والأحماض العطرية هي أنه يسهل إزالة مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الأخيرة « بتسخينها مع هيدروكسيد الصوديوم الصلب أو مع جير الصودا » .



اخلط جيداً كميات متساوية من حمض البترويك مع جير الصودا ثم ضع الخليط في أنبوبة اختبار جافة ، وغطه بطبقة أخرى من جير الصودا - سخن المخلوط تسخيناً شديداً مبتدئاً من الطبقة العليا أولاً ، لاحظ تصاعد أبخرة البترول ذات الرائحة الخاصة والتي تشتعل عند فوهة الأنبوبة ، عند تعرضها للهب .

## ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

لا يتفحم حمض البترويك في وجود حمض الكبريتيك المركز ، ولكنه يتسامى .  
ضع بضع بلورات من حمض البترويك في أنبوبة اختبار جافة ؛ ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ، وسخن ، لاحظ علم حدوث تفحم ، وأن حمض البترويك يتسامى متكتفاً على الأجزاء العليا الباردة من الأنبوبة .

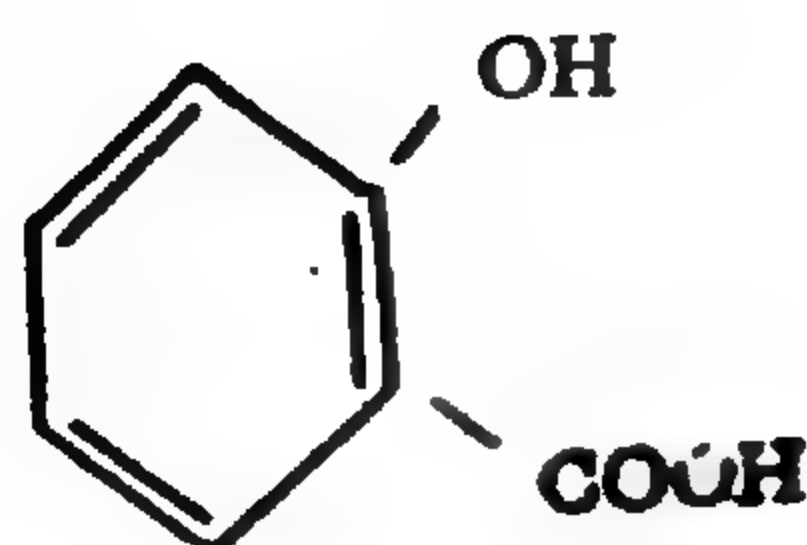
## ٤ - كلوريد الحديديك :

أضف بضع قطرات من محلول كلوريد الحديديك إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض البترويك المتعادل ولاحظ تكون راسب بني فاتح اللون من بترويات الحديديك القاعدية - أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف ولاحظ ذوبان الراسب .

## ٥ - تكوين الأستر :

يعطى حمض البترويك استرات ذات رائحة عطرية مع بعض الكحولات مثل استر بتروات الأثيل .

أذب كمية صغيرة من حمض البترويك في ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الأثيل في أنبوبة اختبار جافة . ثم أضف قطرتين من حمض الكبريتيك المركز . سخن المخلوط فوق حمام مائي لمدة خمس دقائق - صب محتويات الأنبوبة في كأس به محلول مخفف من بيكربونات الصوديوم في الماء . ولاحظ تصاعد أبخرة بتروات الأثيل ذات الرائحة العطرية المميزة .



حمض الساليسيليك

## الخواص الطبيعية :

يتمى حمض الساليسيليك إلى مجموعة الأحماض العطرية الهيدروكسيلية ، وهو عبارة عن مادة متبلرة ، قليلة الذوبان في الماء ، تنصهر عند درجة ١٥٥ مئوية ، وهو يتسامى بالتسخين البطيء ، ولكنه يتكسر عند تسخينه تسخيناً سريعاً . وحمض الساليسيليك سام التأثير ولو أنه يستخدم في الطب على هيئة مركب مشتق منه يسمى حمض الأسيتايل ساليسيليك والذي يباع تحت اسم ( الإسبرين ) - ويستخدم محلول حمض الساليسيليك في الكحول في تفتيت وإزالة قشور الجلد الجاف ، كما يستخدم ملحه الصوديومي « سالييلات الصوديوم » في علاج حالات الروماتزم .

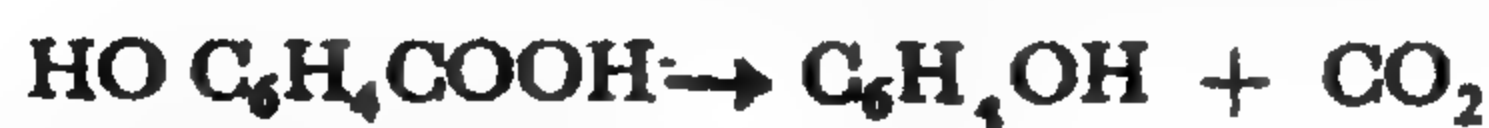
## الخواص الكيميائية :

## ١ - الخاصية الحمضية :

أذب قدراً صغيراً من حمض الساليسيليك في ٢ سم<sup>٣</sup> من الكحول في الماء ( ١ سم<sup>٣</sup> من كل منهما ) ، ثم أضف ١/٢ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربونات الصوديوم . ولاحظ حدوث فوران نتيجة لتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون .

## ٢ - إزالة مجموعة الكربوكسيل :

ينحل حمض الساليسيليك عند تسخينه سريعاً ، خاصة في وجود جير الصودا أو هيدروكسيد الصوديوم الصلب معطياً الفينول وثاني أكسيد الكربون .



اخلط جيداً كميات متساوية من حمض الساليسيليك وجير الصودا ثم ضع المخلوط في أنبوبة اختبار جافة ، وغطه بطبقة سميكة من جير الصودا سخن المخلوط تسخيناً شديداً مبتدئاً من الطبقة العليا أولاً - لاحظ تصاعد أبخرة الفينول ذات الرائحة النفاذة .

## ٣ - حمض الكبريتيك المركز :

يتفحم حمض الساليسيليك ببطء عند تسخينه ، وفي وجود حمض الكبريتيك المركز ، ويتصاعد كل من غازي أول وثاني أكسيد الكربون .



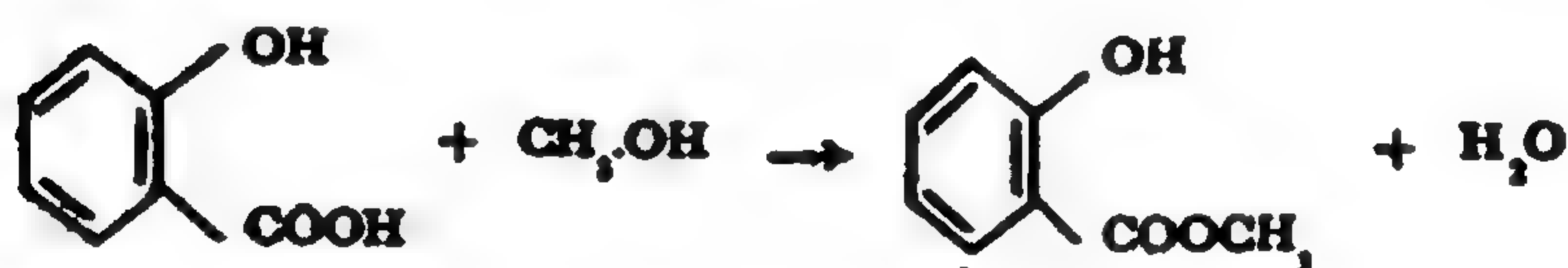
أضف بضع بلورات من حمض الساليسيليك إلى ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز ، ثم سخن ، لاحظ أن بلورات الحمض تبتلى في اللهبان تدريجياً ، وأن المحلول يتلون باللون البني مع حدوث فوران بسيط نتيجة لتصادم غازي أول وثاني أكسيد الكربون .

#### ٤ - كلوريد الحديدك :

أذب بضع بلورات من حمض الساليسيليك في ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الأيثيل . ثم أضف قطرة من محلول كلوريد الحديدك - لاحظ تلون المحلول باللون البنفسجي . أضف حمض الهيدروكلوريك المخفف ولاحظ زوال اللون .

#### ٥ - تكوين الأستر :

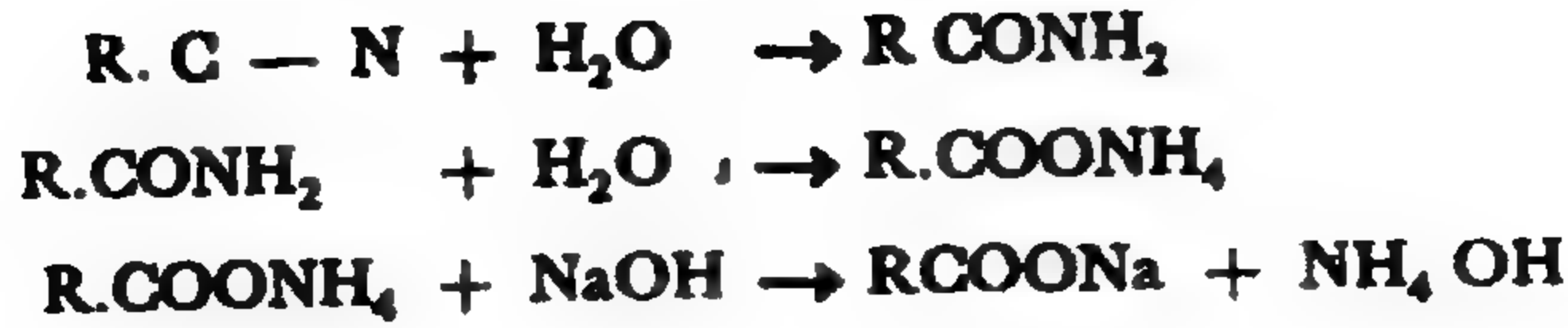
يتفاعل حمض الساليسيليك مع الكحول الميثيل مكوناً إستر سالييلات الميثيل المعروفة باسم زيت (الونترجرين) ، التي تتميز برائحة خاصة تقاذه تشبه رائحة الكافور .



أذب كمية صغيرة من حمض الساليسيليك في ١ سم<sup>٣</sup> من الكحول الميثيل في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف قطرتين من حمض الكبريتيك المركز . سخن المحلول فوق حمام مائي لمدة خمس دقائق ، صب محتويات الأنبوبة في كأس به محلول بيكربونات الصوديوم ولاحظ تصاعد أبخرة إستر سالييلات الميثيل ذات الرائحة النفاذة .

### أملاح الأمونيوم ( والأميدات والسيانيدات )

تتفق جميع أملاح الأمونيوم والأميدات والأيميدات والسيانيدات في أنها تتحلل في وجود محلول هيدروكسيد الصوديوم تحللاً مائياً إلى النشادر والملح الصوديومي للحمض العضوي .  
وتزداد سرعة وسهولة هذا التفاعل في الاتجاه - السيانيدات ثم الأميدات والأيميدات ، ثم أملاح الأمونيوم لأن السيانيد العضوي يتحلل أولاً إلى الأميد ثم أخيراً إلى ملح الأمونيوم - وهذا بدوره يعطى مع هيدروكسيد الصوديوم ملح الحمض والنشادر .



### أملاح الأمونيوم :

أملاح الأمونيوم عبارة عن مواد صلبة عديدة اللون سهلة الذوبان في الماء البارد ويمكن الكشف عنها كما يلي :

١ - تتفاعل أملاح الأمونيوم مع القلويات بسهولة معطية ملح الحمض الصوديومي. والنشادر .  
( ١ ) أخلط جيداً قليلاً صغيراً من ملح الأمونيوم مع قنبر آخر من كربونات الصوديوم الصلبة في جفنة أو هاون ، ثم أضف بضع قطرات من الماء إلى الخليط واصحنه جيداً - لاحظ تصاعد رائحة غاز النشادر .

( يستخدم هذا الاختبار في التفرقة بين أملاح الأمونيوم وبين الأميدات والأيميدات والسيانيدات ) .

( ب ) أضف إلى قنبر صغير من ملح الأمونيوم الصلب ١ سم<sup>٢</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم البارد . ثم رج المزيج جيداً - لاحظ تصاعد رائحة غاز النشادر .  
( الأميدات والأيميدات والسيانيدات لا تعطى هذا الاختبار على البارد ) .

٢ - تعطى محاليل أملاح الأمونيوم في الماء مع كل من محلول كلوريد الحديدك وكلوريد الكالسيوم التفاعلات الخاصة بمحاليل الأحماض المتعادلة ويمكن الكشف عن الحمض العضوي بالطرق السابق توضيحها .

## اليوريا

### الخواص الطبيعية :

اليوريا أو البولين عبارة عن مادة صلبة متبلرة عديدة الرائحة ملحقة المذاق وهي تنصهر عند درجة ١٣٢ مئوية ، وتنحل إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك - واليوريا سهلة الذوبان في الماء وفي الكحول . عديدة الذوبان في الأثير .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - اختبار هيدروكسيد الصوديوم :

تنحل اليوريا - مثل بقية الأميدات - تحللاً مائياً في وجود القلويات إلى النشادر وحمض

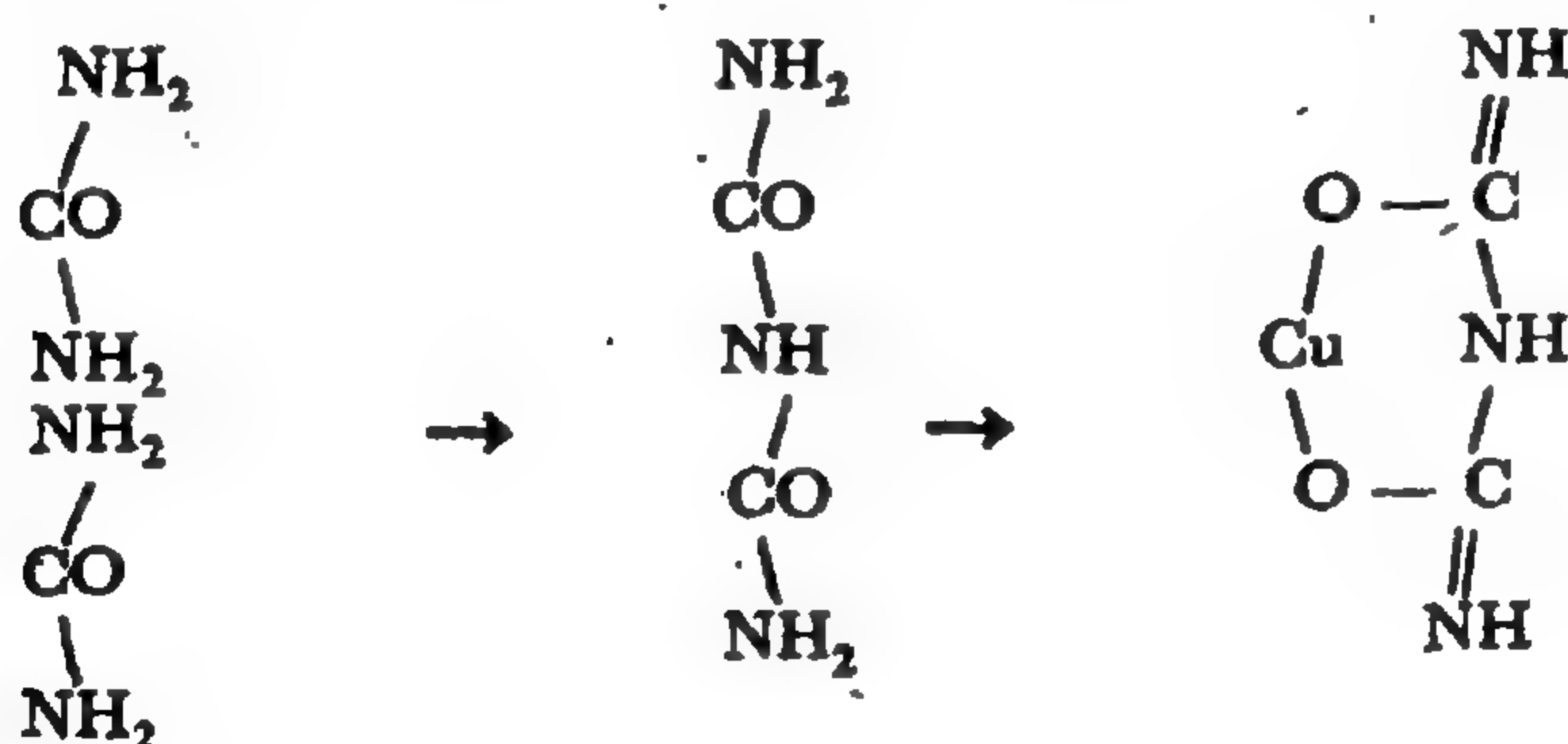
الكربونيك ، وينسرى التفاعل ببطء في المحاليل :

( أ ) سخن قلناً صغيراً من اليوريا في محلول هيدروكسيد الصوديوم للدرجة الغليان ولاحظ تصاعد رائحة النشادر بعد غليان المحلول لفترة طويلة - أضفت إلى المحلول حمض الكبريتيك المخفف ، ولاحظ حدوث فوران نتيجة لتكوين كربونات الصوديوم ، وتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون

( ب ) سخن كمية صغيرة من اليوريا مع هيدروكسيد الصوديوم الصلب أو مع جبر الصودا ، ولاحظ تصاعد غاز النشادر فوراً .

## ٢ - اختبار اليوريت :

عند تسخين اليوريا في درجة حرارة أعلى من درجة انصهارها يتج كثير من المركبات من أهمها اليوريت والنشادر ، ويكون مركب اليوريت مع النحاس ملحاً ذو لون مميز .



سخن كمية صغيرة من اليوريا الصلبة في أنبوبة اختبار جافة ، حتى تنصهر ، ولاحظ تصاعد غاز النشادر - أذب الصلب الأبيض المتبقى في محلول هيدروكسيد الصوديوم ، أضف قطرة واحدة من محلول مخفف جداً من كبريتات النحاس في الماء ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر البنفسجي .

## ٣ - أملاح اليوريا :

١ - أضف بضع قطرات من حمض النتريك المركز إلى محلول مركز من اليوريا في الماء ولاحظ انفصال راسب أبيض متبلر من نترات اليوريا .

( ب ) أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول مركز من حمض الأكساليك في الماء إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول اليوريا المركز ، ولاحظ انفصال راسب أبيض متبلر من أكسالات اليوريا .

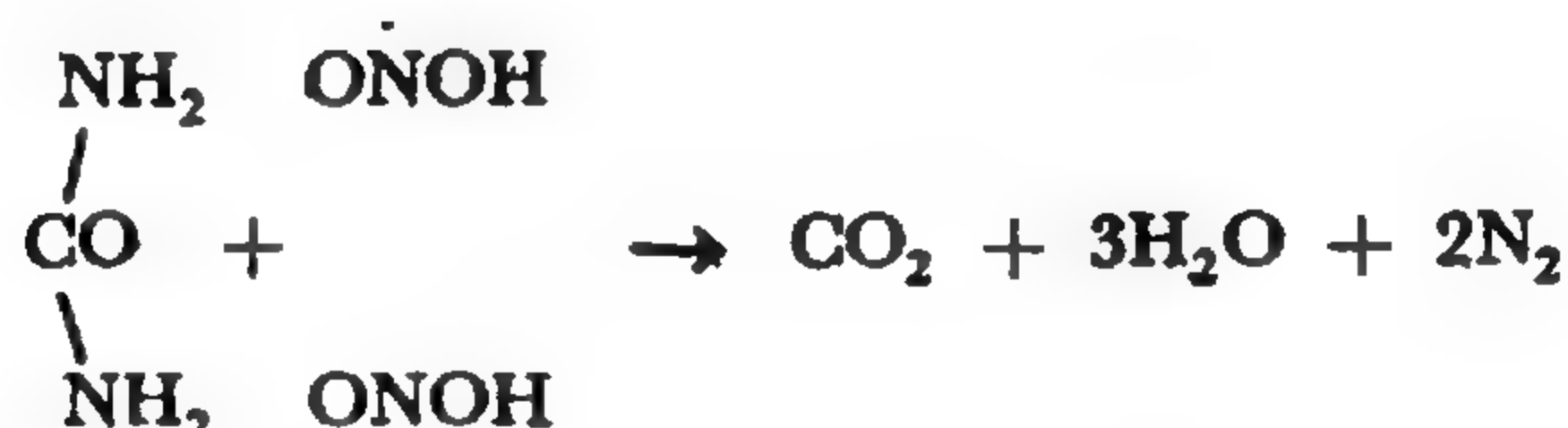
## ٤ - اختبار الهيبوبروميت :



أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم على قطرات إلى ١ سم<sup>٣</sup> من ماء البروم حتى يتلون المحلول باللون الأصفر الباهت ، ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول اليوريا في الماء - لاحظ تصاعد غاز النروجين .

## ٥ - حمض النيتروز :

يتفاعل حمض النيتروز مع اليوريا - مثل محلول الهيبوبروميت - معطياً غاز ثاني أكسيد الكربون والنروجين .



أذب بضع بلورات من نترات الصوديوم في ٢ سم<sup>٣</sup> من الماء ، ثم أضف ٢ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المخفف البارد - أضف محلول اليوريا إلى المحلول الأزرق الناتج ولاحظ تصاعد النروجين .

## الفينولات

الفينولات مركبات عطرية تحتوي على مجموعة الهيدروكسيل التي ترتبط ارتباطاً مباشراً بنواة البنزل ، والفينولات أحادية الهيدروكسيل تحتوي على مجموعة واحدة من مجموعات الهيدروكسيل مثل مركبات الفينول .



## الخواص الطبيعية :

يوجد الفينول على هيئة بلورات أبرية عديمة اللون - والفينول لا يمتص ولكنه يمتص الماء من الهواء في وجود أية شوائب ، حتى ولو وجدت هذه الشوائب بكميات ضئيلة جداً - متحولا إلى

سائل ذي رائحة خاصة معروفة - الفينول يذوب في أغلب المذيبات العضوية ولكنه يذوب في الماء في حدود معينة ، ويساعد الفينول على تحتر البروتينات ، وهو لهذا ضار جداً بالأنسجة كما أنه سام :

### الخواص الكيميائية :

يكون الفينول مع الماء في درجات الحرارة العادية طبقتين سائلتين ، الطبقة العليا منها عبارة عن محلول الفينول في الماء ، والطبقة السفلى عبارة عن محلول من الماء في الفينول ، وعندما ترتفع درجة الحرارة تذيب طبقة الماء بعضاً من الفينول وتذيب طبقة الفينول بعضاً من الماء حتى يصبح تركيب الطبقتين آخر الأمر متشابهاً ، ونحصل على محلول متجانس .  
ضع ١ سم<sup>٣</sup> من الفينول في أنبوبة اختبار ، ثم أضف حوالي ٣ سم<sup>٣</sup> من الماء ولاحظ انفصال المحلول إلى طبقتين - سخن المزيج تدريجياً ولاحظ اختبار الطبقتين عند درجات الحرارة العالية - برد المحلول ، ولاحظ انفصاله مرة أخرى إلى طبقتين :

### ٢ - الذوبان في القلويات :

يحتوي الفينول على مجموعة هيدروكسيل مرتبطة بنواة البنترول ، وهذه المجموعة تعطيه بعض الصفات الحمضية ، ويمكن اعتبار خواصه وسطاً بين الكحولات وبين الأحماض ، فهو يذوب في القلويات مكوناً فينولات الصوديوم ، ولكنه لا يتفاعل مع الكربونات .



أضف بضع قطرات من الفينول إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم ولاحظ ذوبان الفينول - أمرر غاز ثاني أكسيد الكربون في جزء من المحلول ولاحظ انفصال الفينول مما يدل على ضعف الخواص الحمضية للفينول - أضف حمض الهيدروكلوريك إلى جزء آخر من المحلول ، ولاحظ انفصال الفينول .

### ٣ - تأثير الهالوجينات :

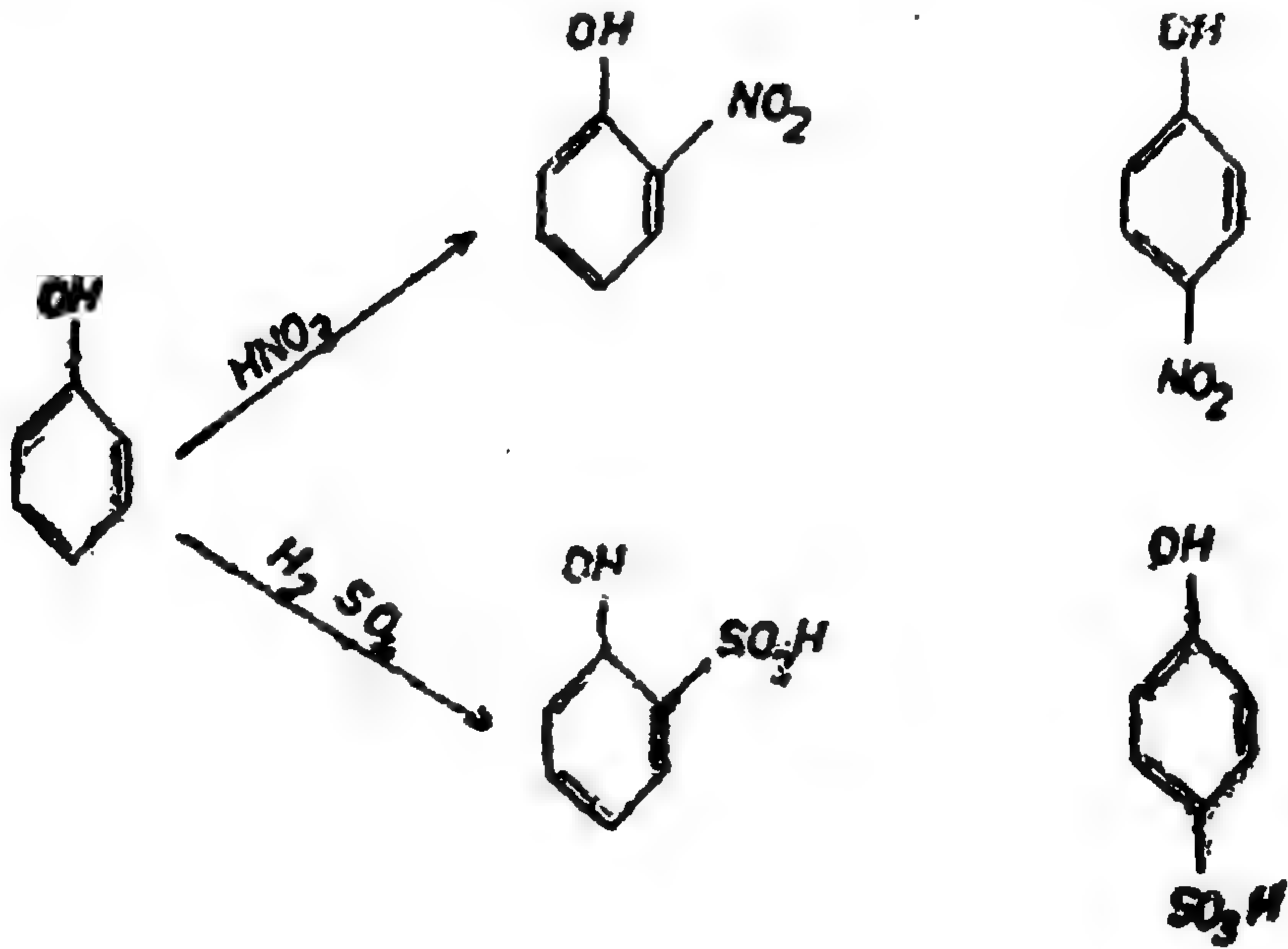
يتفاعل الفينول مع الهالوجينات معطياً مركبات تحتوي على ذرة واحدة إلى خمس ذرات من الهالوجين . ويتكون ثلاثي برومو الفينول فور إضافة ماء البروم إلى محلول الفينول في الماء .  
أضف زيادة من ماء البروم إلى محلول الفينول في الماء ، ولاحظ انفصال راسب أصفر من ثلاثي بروميد الفينول على الفور .  
ويستخدم هذا التفاعل في التحليل الكمي للفينول .





#### ٤ - تأثير الأحماض :

يتفاعل الفينول مع حمض النتريك المركز أو المخفف ويعطى أورثو - وبارا - نيترو الفينول ويتفاعل حمض الكبريتيك المركز مع الفينول ويعطى أورثو - وبارا - حمض الفينول سلفونيك .



( أ ) أضف بضع قطرات من الفينول إلى ١ سم<sup>٣</sup> من حمض النتريك المخفف ( ١ : ١ )  
 لاحظ تلون المحلول باللون الأصفر نتيجة لتكون مخلوط نيترو الفينول أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يصير المحلول قلوي التأثير ولاحظ تحول لون المحلول من الأصفر إلى البرتقالي .

( ب ) أذب ١ سم<sup>٣</sup> من الفينول في ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز . وسخن المحلول تسخيناً هيناً . برد المحلول جيداً ثم خففة بالماء باحتراس . ولاحظ عدم انفصال طبقة من الفينول نتيجة لتكون مخلوط من حمض الفينول سلفونيك .

### ٥ - كلوريد الحديدك :

أذب قطرة من الفينول في حوالي ٢ سم<sup>٣</sup> من الماء ثم أضف قطرتين من محلول كلوريد الحديدك ، ولاحظ تلون المحلول باللون البنفسجي . ولاحظ اختفاء اللون عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف .

### ٦ - اختبار لييرمان :

يتفاعل حمض النيتروز مع الفينول مكوناً مركب نيتروز الفينول الذي يعطى ألواناً مختلفة في كل من المحاليل الحمضية والقلوية .

ضع بلورة واحدة من نيتريت الصوديوم في أنبوبة اختبار جافة ، ثم أضف إليها حوالي ٣ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز . وسخن المحلول تسخيناً هيناً حتى يذوب نيتريت الصوديوم ، ثم أضف قطرة واحدة من الفينول ولاحظ تلون المحلول باللون البني ثم الأزرق - صب محتويات الأنبوبة باحتراس في كأس به حوالي ١٠ سم<sup>٣</sup> من الماء ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر . ثم أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يصير المحلول قلويةً ولاحظ تلون المحلول باللون الأزرق.

### ٧ - هيبوكلوريت الصوديوم :

أضف إلى محلول مخفف من الفينول في الماء بضع قطرات من محلول هيدروكسيد الأمونيوم ، ثم بضع قطرات من محلول هيبوكلوريت الصوديوم المخضر حديثاً . وسخن هيناً . ولاحظ تلون المحلول باللون الأزرق .

أضف إلى المحلول الناتج حمض الهيدروكلوريك المخفف . ولاحظ تحول لونه إلى اللون الأحمر . أضف إلى المحلول الناتج محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يصير قلوي التأثير ولاحظ تلونه باللون الأزرق مرة أخرى .

### ٨ - اختبار الفثالين :

ضع  $\frac{1}{4}$  جم من الفينول في أنبوبة اختبار جافة . ثم أضف ١ جم من أنثريد الفثالين (أو حمض الفثاليك) ثم أضف قطرتين من حمض الكبريتيك المركز . وسخن بلطف حتى ينصهر الخليط - برد الأنبوبة ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من الماء وزيادة من محلول هيدروكسيد الصوديوم ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر نتيجة لتكون مركب الفينولفثالين .

## الأمينات

تتميز الأمينات ، أو القواعد العضوية ، بوجود مجموعة الأمين  $NH_2$  — أو مشتقاتها ، وهي تعتبر كمشتقات النشادر حيث يحل محل ذرات الهيدروجين بها مجموعة أو أكثر من المجموعات العضوية « R » .

وتنقسم الأمينات إلى ثلاثة أقسام تبعاً لعدد المجموعات العضوية التي حلت محل ذرات الهيدروجين بجزء النشادر كما يلي :

١ - الأمينات الأولية  $R.NH_2$  .

٢ - الأمينات الثانوية  $R_2.NH$  .

٣ - الأمينات الثلاثية  $R_3.N$  .

وتنقسم الأمينات أيضاً إلى قسمين رئيسيين تبعاً لنوع المجموعة العضوية التي ترتبط بمجموعة الأمين ، فإما أمينات عطرية « R » عبارة عن شق عطري أو أمينات أليفاتية حيث R تمثل شق أليفاتي أو الكيلي .

وتتميز هذه الأمينات بأجمعها بخواصها القاعدية ، وتعتبر الأمينات العطرية أقل هذه الأمينات قاعدية ، وهي جميعاً تتحد مع الأحماض لتكوين أملاح . إلا أن هذه الأملاح تبقى متأينة في محاليلها ، وهي بذلك تكون حمضة التفاعل .

## الأمينات العطرية

تتميز الأمينات العطرية باتصال مجموعة الأمين بنواة البنزول العطرية اتصالاً مباشراً . وينتج عن هذا الاتصال أن تقل الخاصية القاعدية للأمينات العطرية بشكل ملحوظ عن مثيلاتها الأليفاتية - وهي تعطى أملاحاً مع الأحماض ، ولكنها تحتاج في بعض الأحيان إلى معالمتها بالأحماض المركزة لتكوين الأملاح .

## الأنيلين $C_6H_5.NH_2$

### الخواص الطبيعية :

الأنيلين عبارة عن سائل عديم اللون في حالته النقية ، ولكنه سريعاً ما يتلون ويسود بتعرضه للهواء والضوء ، وهو يتميز برائحة خاصة معروفة ، ويغلي الأنيلين عند درجة  $183^\circ$  م مئوية ، وهو أثقل من الماء في درجات الحرارة العادية ولكنه أخف من الماء عند درجة  $100^\circ$  مئوية وهو

بذلك يطفو على سطح الماء الساخن ويرسب في القاع عند التبريد - ويلدوب الأنيلين بقلّة في الماء ( بنسبة ٣٪ ) ولكنه يمتزج بأغلب المذيبات العضوية وهو ذو تأثير سام .

### الخواص الكيميائية :

#### ١ - تكوين الأملاح :

١ - تكوين الأملاح : الأنيلين قاعدة عضوية تتفاعل مع الأحماض لتكوين الأملاح مثل هيدروكلوريد الأنيلين وكبريتات الأنيلين .



وتعطى هذه الأملاح كلا من الاختبارات الخاصة بالأنيلين وبالحمض غير العضوي :

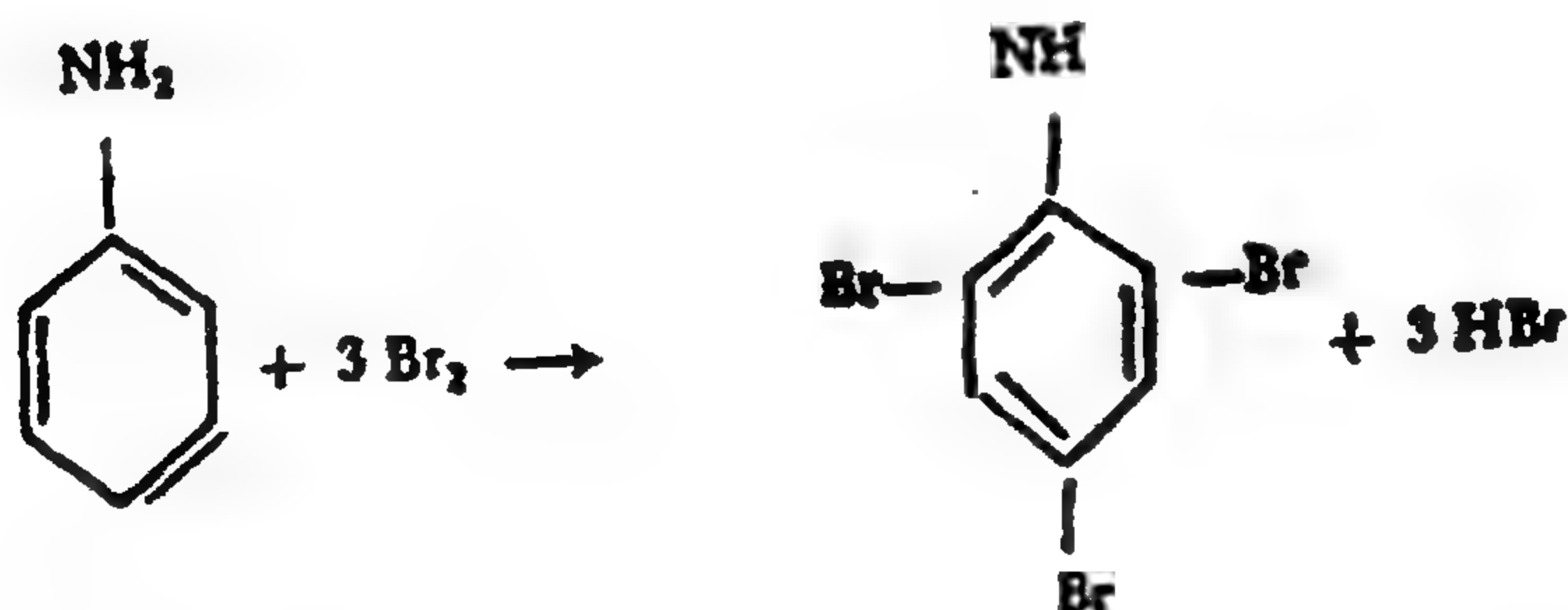
( أ ) أضف ١/٢ سم<sup>٣</sup> من الأنيلين إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الماء ولاحظ تكوين طبقتين .

( ب ) أضف قليلا من حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى المزيج السابق ولاحظ اختفاء الأنيلين نتيجة لتكون ملح هيدروكلوريد الأنيلين الذي يذوب في الماء .

( ج ) أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى يصير المحلول متعادلا أو قلوي التأثير ولا حظ انفصال المحلول إلى طبقتين مرة أخرى .

#### ٢ - ماء البروم :

يتفاعل كل من الكلور والبروم بسهولة مع الأنيلين - ويتكون مركب ثلاثي برومو الأنيلين فور إضافة ماء البروم إلى الأنيلين ، وكثيراً ما يستخدم هذا التفاعل لتقدير الأنيلين تقديراً كمياً .



أضف بضع قطرات من الأنيلين إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الماء ، ورج المزيج جيداً ثم أضف زيادة من ماء البروم - ولاحظ تكون راسب يميل إلى الاصفرار على التو .

### ٣ - هيوكلوريت الصوديوم :

يمكن تمييز الأنيلين بواسطة اللون البنفسجي الذي يتج عند إضافته إلى محلول قصر الألوان أو محلول هيوكلوريت الصوديوم .  
أضف بضع قطرات من الأنيلين إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من الماء، ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول هيوكلوريت الصوديوم ، ولاحظ تلون المحلول باللون البنفسجي :

### ٤ - التأكسد :

يعطى الأنيلين العديد من المركبات عند تأكسده :  
أذب بضع قطرات من الأنيلين في ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المخفف ثم أضف قطرتين من محلول ثاني كرومات البوتاسيوم ، ولاحظ تلون المحلول باللون الأخضر .

### ٥ - تكوين مركب الآزو (الدسترة) :

يختلف الأنيلين عن الأمينات الأليفاتية في الطريقة التي تتفاعل بها مع حمض النتروز فهو يعطى مركباً هاماً قلوي التفاعل يسمى هيدروكسيد ثنائي آزونيوم البترول .



أذب بضع قطرات من الأنيلين في حوالي ٣ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف ، ثم برد المحلول جيداً ، أضف بضع بلورات من نيتريت الصوديوم . ثم اترك المحلول جانباً لمدة بضع ثوان ( تعرف هذه الخطوة بعملية تكوين مركب الآزو ) .

( أ ) أضف بضع نقط من المحلول السابق إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول بيثا - نافتول في هيدروكسيد الصوديوم ، ولاحظ تكون راسب أحمر قرمزي ( تعرف هذه الخطوة بعملية الازدواج .  
( ب ) سخن ما بقي من المحلول إلى درجة الغليان ولاحظ تصاعد غاز النتروجين وظهور رائحة الفينول .



### ٦ - كلوريد الحديديك :

أضف قطرة من الأنيلين إلى ١ سم<sup>٣</sup> من الماء ، ثم أضف قطرة من محلول كلوريد الحديديك ، ولاحظ تلون المحلول باللون البنفسجي .



## ٧ - اختبار الكربلامين :

أضف قطرتين من الأنيلين إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الكحول ثم أضف قطرتين من الكلوروفوم، سخن المزيج تسخيناً هيناً لاحظ تصاعد أبخرة الأيسوسيانيد النفاذة غير المستساغة (سامة) أضف إلى خليط التفاعل زيادة من حمض الهيدروكلوريك المركز لتكسير هذا المركب السام قبل تفريغ محتويات الأنبوبة في الحوض :

## أملاح الأنيلين

هيدروكلوريد الأنيلين  $C_6H_5NH_2HCl$  وكبريتات الأنيلين  $C_6H_5NH_2HSO_4$

## الخواص الطبيعية :

مواد صلبة متبلرة ذات لون أبيض في حالتها النقية تذوب في الماء معطية محاليل حمضية .

## الخواص الكيميائية :

- ١ - الخاصية الحمضية أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول ملح الأنيلين في الماء إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول بيكربونات الصوديوم . لاحظ حدوث فوران نتيجة لتصادم غاز ثاني أكسيد الكربون .
- ٢ - تعطى أملاح الأنيلين جميع التفاعلات المميزة للأنيلين . تجرى التجارب السابق ذكرها في حالة الأنيلين .

٣ - تعطى أملاح الأنيلين تفاعلات الأحماض المشتقة منها :

## ( أ ) نترات الفضة :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كبريتات الأنيلين إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول نترات الفضة ، لاحظ تكون راسب أبيض متجمع من كلوريد الفضة يتحول إلى بنفسجي عند تعرضه للشمس .

## ( ب ) كلوريد الباريوم :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كبريتات الأنيلين إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول كلوريد الباريوم ( أو نترات الباريوم ) لاحظ تكون راسب أبيض من كبريتات الباريوم لا يذوب في الأحماض المخففة .

## الكربوهيدرات

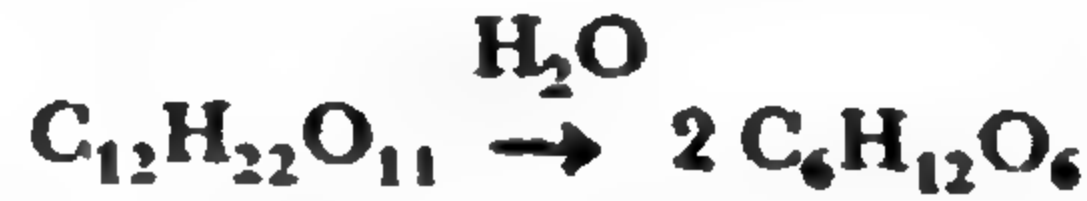
يطلق لفظ الكربوهيدرات على مجموعة كبيرة من المركبات . وهي قد تكون مواد سكرية . أو تعطى المواد السكرية عند تحللها مائياً . وقد سميت هذه المواد بالكربوهيدرات لاحتوائها على عنصر الكربون مرتبطاً بعنصرى الهيدروجين والأكسجين بنفس النسب التي يكونا بها الماء . وتنقسم الكربوهيدرات إلى الأقسام الأربعة التالية :

### ١ - السكريات الأحادية :

وهي أبسط مركبات مجموعة الكربوهيدرات ويرمز لها بالصيغة الكيميائية الأولية  $(C_n(H_2O)_n)$  ولا تتأثر هذه المركبات بعملية التحلل المائى أى أنها لا تعطى وحدات أصغر منها - وينتمى كل من الجلوكوز (سكر العنب) والفركتوز (سكر الفواكه) والجلالكتوز إلى مجموعة السكريات الأحادية . ويرمز لها بالصيغة الجزيئية  $C_6H_{12}O_6$  .

### ٢ - السكريات الثنائية :

تتأثر السكريات الثنائية بعملية التحلل المائى معطية جزيئين من السكريات الأحادية :



وينتمى إلى هذه المجموعة كل من السكروز (سكر القصب) والمالتوز (سكر الشعير) واللاكتوز (سكر اللبن) .

### ٣ - السكريات الثلاثية :

تعطى هذه السكريات ثلاثة جزيئات من السكريات الأحادية عند تحللها تحللاً مائياً .

### ٤ - عديدات السكريات :

لا تدخل هذه الكربوهيدرات عديدات السكريات ضمن مجموعة المواد السكرية . ويرمز لها بالصيغة الجزيئية :  $(C_6H_{10}O_5)_n$  حيث  $n = 6$  أو  $200$  تبعاً لنوع المركب . وتعطى هذه المواد عند تحللها مائياً عدة جزيئات من السكريات الثنائية أو السكريات الأحادية وفقاً لظروف

التحلل المائي الذي تتعرض له . ويتمى كل من السيلولوز والأثيلين إلى هذه المجموعة .  
وتتميز المواد السكرية ( السكريات ) بسهولة ذوبانها في الماء وعدم ذوبانها في الأثير والمذيبات  
العضوية الأخرى . أما الكربوهيدرات عديدة السكريات فهي لا تذوب في الماء ، وذلك لإرتفاع  
أوزانها الجزيئية .

### ١ - اختبار موليش :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول ألفا - نافتول في الكحول إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول المادة الكربوهيدراتية  
في الماء ثم رج المحلول جيداً - أضف ١/٤ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتك المركز باحتراس بحيث  
ينسكب الحمض على جدار الأنبوبة لتكوين طبقة سفلى - لاحظ تكون حلقة حمراء بنفسجية  
اللون عند سطح انفصال السائلين ، رج المزيج جيداً ولاحظ أن اللون البنفسجي انتشر في السائل  
بأكمله .

إذا لم يظهر اللون البنفسجي في السائل عند رج المزيج اعتبر الاختبار سلبياً ودل ذلك على  
عدم وجود المادة الكربوهيدراتية ويعطى الكربوهيدرات بجميع أنواعها هذا الاختبار .

### ٢ - الاختزال :

ترتبط قدرة الكربوهيدرات على الاختزال بوجود مجموعة الألدريد أو مجموعة الكيتون -  
وتختلف حساسية السكريات بأنواعها اختلافاً واسعاً تجاه المحاليل المختلفة ، كما يظهر من الاختبارات  
التالية :

#### ( ١ ) محلول فهلنج :

أمزج كميتين متساويتين من محلول فهلنج ١ وفهلنج ٢ ( ١ سم<sup>٣</sup> من كل منهما ) ثم سخن  
المحلول للدرجة الغليان . وأضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول المادة الكربوهيدراتية في الماء - سخن المحلول  
للدرجة الغليان لمدة دقيقة أو دقيقتين إذا تكون راسب أحمر من أكسيد النحاسوز كان هذا  
دليلاً على وجود مادة كربوهيدراتية ذات قدرة على الاختزال .

يعطى هذا الاختبار كل من السكريات الأحادية مثل الجلوكوز والفركتوز والجلالكتوز  
وكذلك السكريات الثنائية مثل المالتوز واللاكتوز - أما السكروز وهو سكر ثنائي فلا يعطى  
هذا الاختبار .

### (ب) كاشف تولن :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من كاشف تولن إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول المادة الكربوهيدراتية ثم سخن تسخيناً مائياً . إذا انفصل معدن الفضة سواء على شكل مرآة أو على هيئة راسب أسود ، كان هذا دليلاً على وجود مادة كربوهيدراتية ذات قدرة على الاختزال .

يعطى هذا الاختبار كل من السكريات الأحادية الجلوكتوز والفركتوز والجلاكتوز إما على البارد ( ببطء ) أو بالتسخين المين .

أما السكريات الثنائية : المالتوز واللاكتوز ، فهي تعطى هذا الاختبار بالتسخين ولا يعطى السكر الثنائي ، السكروز هذا الاختبار .

### (ج) كاشف بارفويد :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من كاشف بارفويد إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول المادة الكربوهيدراتية ثم سخن المحلول الناتج فوق حمام مائي لمدة دقيقتين أو على اللهب المباشر لمدة دقيقة واحدة - إذا تكون راسب أحمر من أكسيد النحاسوز كان هذا دليلاً على وجود السكريات الأحادية مثل الجلوكتوز والفركتوز والجلاكتوز .

تعطى السكريات الثنائية هذا الاختبار ، ولكن بعد فترة طويلة من الغليان ( غليان المحلول لمدة حوالي عشر دقائق ) وذلك نتيجة لتحللها مائياً إلى السكريات الأحادية .

### ٣ - تكوين الأوزازون :

تتميز الكربوهيدرات بأنها تتفاعل مع فينيل الهيدرازين لتعطى مركبات متبلرة تعرف بالأوزازون - وهذا التفاعل ذو قيمة خاصة حيث أنه يسهل عادة فصل مركبات الأوزازون التي تتميز بدرجة انصهارها الثابتة المحددة ، وهي تستخدم في التعرف على أنواع المواد السكرية المختلفة وكثيراً ما تعتمد هذه الطريقة على الشكل البلوري لمركبات الأوزازون - الذي يمكن مشاهدته بوضوح تحت الميكروسكوب - وذلك لتقارب درجات انصهارها في بعض الأحيان .

أذب مخلوطاً من ٠,٢ جم من المادة السكرية ، ٠,٤ جم من هيدروكلوريد فينيل الهيدرازين ، ٠,٦ جم من خلاص الصوديوم في ٤ سم<sup>٣</sup> من الماء في أنبوبة اختبار نظيفة ثم أغمر الأنبوبة في كأس به ماء مغلي واطرها لمدة حوالي ٢٠ دقيقة إرفع الأنبوبة المحتوية على المحلول من الكأس به واطرها جانباً لتبرد تدريجياً . يتفصل الأوزازون على هيئة صلب أصفر متبلر .

مركبات الأوزازون لكل من الجلوكوز والفركتوز لا تذوب في الماء الساخن وهي تنفصل من المحلول قبل تبريده ، أما مركبات الأوزازون لكل من الجلاكتوز واللاكتوز والمالتوز فهي تذوب في الماء الساخن ، أى أنها لا تنفصل إلا عند تبريد المحلول .  
افحص مركبات الأوزازون تحت الميكروسكوب .

#### ٤ - تأثير الحرارة :

سخن كمية صغيرة من المادة الكربوهيدراتية الصلبة على طرف ملعقة من النيكل أو على قطعة من الخزف لاحظ حدوث تفحم ، وظهور رائحة السكر المحترق .

#### ٥ - حمض الكبريتيك المركز :

أضف قطرتين من الماء إلى قليل من المادة الكربوهيدراتية الصلبة ثم أضف ١ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المركز دق المحلول إذا لزم الأمر .  
لاحظ تلون المحلول باللون البنى نتيجة لتفحم المادة الكربوهيدراتية

#### ٦ - اختبار الفورفورال السريع :

أضف ١ سم<sup>٣</sup> من محلول ألفا - نافتول إلى ١ سم<sup>٣</sup> من محلول المادة الكربوهيدراتية ثم أضف حوالى ٦ - ٨ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المركز ، سخن المحلول للدرجة الغليان ولاحظ تلون المحلول باللون البنفسجى .

#### ٧ - اختبار الفورفورال د

أضف حوالى ٥ سم<sup>٣</sup> من حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى قليل من المادة الكربوهيدراتية ثم أغل لمدة دقيقة . عرض ورقة مبللة بمحلول خلاص الأنيلين إلى الأبخرة المتصاعدة أثناء الغليان . لاحظ تلون الورقة باللون الأحمر . ( تحضر خلاص الأنيلين بخلط حجمين متساويين من حمض الخليك الثلجى والأنيلين ) .



## السكريات الأحادية

الاختبار	الجلوكوز	الفركتوز	الجلالكتوز
اختبار موليش حمض الكبريتيك المركز هيدروكسيد الصوديوم المركز (مع الغليان) : الاختزال : ( ١ ) محلول فهلنج ( ب ) كاشف تولن ( ح ) كاشف بارفويد اختبار الفرفورال اختبار الفرفورال السريع تكوين الأوزازون	موجب تفحم صمغ أصفر موجب موجب بالتسخين المين موجب ( دقيقة واحدة ) لون أحمر موجب ( في الحال ) ينفصل من المحلول الساخن ( متشابه )	موجب تفحم صمغ أصفر موجب موجب بالتسخين المين موجب ( دقيقة واحدة ) لون أحمر موجب ( في الحال ) ينفصل من المحلول الساخن ( متشابه )	موجب تفحم صمغ أصفر موجب موجب بالتسخين المين موجب ( دقيقة واحدة ) — — ينفصل بعد التبريد

## السكريات الثنائية

الاختبار	المالتوز	السكرور	اللاكتوز
اختبار موليش حمض الكبريتيك المركز هيدروكسيد الصوديوم الاختزال : ( ١ ) محلول فهلنج ( ب ) كاشف تولن اختبار الفرفورال السريع تكوين الأوزازون	موجب تفحم بالتسخين لون أصفر بالتسخين موجب بعد الغليان موجب بعد الغليان موجب بعد فترة ينفصل بعد التبريد	موجب تفحم بالتسخين لون أصفر بالتسخين موجب بعد الغليان موجب بعد الغليان موجب بعد فترة ينفصل بعد التبريد	موجب تفحم على البارد — — موجب في الحال —

## الكر بوهيدرات عديدة السكريات النشا

توجد النشا على هيئة حبيبات ذات أشكال خاصة. وهي مادة بيضاء لا تذوب في الماء ولا في أى مذيب آخر ، وذلك على الرغم من أنها تمتص بسهولة ما يقرب من ٣٥ ٪ من وزنها من الماء عند تعرضها للهواء الرطب .

١ - لا يختزل النشا كلا من محاليل فهلنج وتولن وبارفويد .

٢ - لا يعطى مركب الأوزازون .

٣ - عند تسخين النشا مع الماء تنتفخ حبيباته تدريجياً حتى تصل درجة الحرارة إلى حوالى ٦٥° - ٨٥° م حيث يتحول إلى محلول غروى - برد المحلول ولاحظ تحوله إلى هلام .

### ٤ - تأثير اليود :

يمكن تمييز النشا بواسطة اللون الأزرق المميز الذى يتلون به محلوله فى وجود اليود عند توافر أيون اليوديد ( كما فى حالة يوديد البوتاسيوم ) : والمركب الناتج من اليود والنشا سهل التفكك حتى أن لونه يزول بمجرد التسخين ، ثم يعود بالتبريد .

### ٥ - التحلل المائى :

عند تسخين النشا مع الأحماض المعدنية المخففة إلى درجة الغليان يتكون ما يسمى بالنشا قابل للذوبان - وبزيادة التسخين تتكون مواد تشبه الأصماغ تسمى اللكسترين التى تتحلل أخيراً إلى السكر الثنائى ، المالتوز ، ثم إلى السكر الأحادى الجلوكوز .

جهاز عجينة من النشا مع قليل من الماء . ثم أضف إلى جزء صغير منها ١/٤ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك المخفف ، وسخن لمدة حوالى خمس دقائق - اختبر المحلول من آن لآخر بأخذ قطرة منه على قضيب زجاجى وإضافتها إلى محلول اليود - يدل عدم تكون لون أزرق على أن النشا قد تحلل مائياً إلى السكر الأحادى الجلوكوز .

اختبر وجود الجلوكوز بواسطة محلول فهلنج وتولن . . . إلخ .

## النشا والانيولين

الاختبار	النشا	الانيولين
١ - اختبار موليشر	موجب	موجب
٢ - هيلروكسيد الصوديوم للمركز	-	لون أصفر
٣ - الاختزال :	-	-
( أ ) محلول فهلنج	-	موجب بعد الغليان
( ب ) كاشف تولن	-	موجب بعد الغليان
( ج ) كاشف بارفريد	-	-
٤ - اختبار الفرقورال السريع	لون بنفسجي خفيف	لون بنفسجي واضح
٥ - اختبار الفرقورال	-	موجب كما في حالة الفرقورال

## الجدول العام

### الكشف عن المركبات العضوية البسيطة

يجب أن يدون الطالب الخواص الطبيعية للمركب كالشكل واللون والرائحة وتأثير المادة على عباد الشمس والنويان في الماء البارد أو الساخن . كما يجب أن تجرى التجارب حسب الترتيب المذكور . وعلى الطالب أن يسجل النتائج والاستنتاجات مدعمة بالتجارب التأكيضية اللازمة .

تنقسم المواد العضوية إلى : ( أ ) سوائل ( ب ) مواد صلبة والسوائل إما أن تكون سوائل ثقيلة أو محاليل للمواد الصلبة في الماء ، ويمكن التمييز بينهما كما يلي :

يغمس ساق زجاجي في السائل ثم يعرض الساق الزجاجية للهب فإذا اشتعل اللهب كان سائلاً تقريباً . أما إذا لم يشتعل يسخن جزء صغير من السائل في أنبوبة اختبار حتى الجفاف فإذا لم يتخلف راسب كان سائلاً تقريباً . أما إذا تخلف راسب أو حدث تفحم كان السائل هو محلول مادة صلبة في الماء وفي هذه الحالة يكشف عن السائل كما في حالة المواد الصلبة . وعند تبخير السائل يجب مراعاة ما يلي :

١ - عند تبخير الفورمالدهيد يبقى راسب أبيض نتيجة لتكوين البارافورمالدهيد ولكن بزيادة التسخين يتحلل البارافورمالدهيد ويختفي الراسب ويمكن ملاحظة رائحة الفورمالدهيد أثناء التسخين .

- ٢ - عند تسخين الجليسرين يتبقى سائل لزج بني اللون .
- ٣ - عند تبخير المحاليل المائية لأملاح الأمونيوم لا يتخلف راسب ويمكن ملاحظة رائحة النشادر .
- ٤ - عند تبخير بعض السوائل العضوية مثل البترالدهيد أو الساليسالدهيد قد تتأكسد جزئياً وتعطى بعض البلورات الصلبة .

### جدول الكشف عن السوائل

تنقسم السوائل إلى : سائل تمتزج بالماء      وسائل لا تمتزج بالماء

سائل لا تمتزج بالماء	سائل تمتزج بالماء
البنزول	كحول مثيل
الكلورين	كحول اثيل
الكحول الأميل	كحول الاثيل
الكحول البتريلي	جليسرول
البترالدهيد	فورمالدهيد
الساليسالدهيد	اسيتالدهيد
الانيلين	اسيتون
الفينول	حمض فورميك
	حمض اسيتيك ( خليك )

يجب أن تجرى التجارب حسب الترتيب التالى لضمان الوصول إلى نتائج صحيحة. وبعد التعرف على السائل المجهول يجب إجراء أكبر عدد ممكن من التجارب التأكيدية .

#### التفرقة بين السوائل التي تمتزج بالماء :

أولاً : اختبار الحموضة : أضف ١ سم<sup>٣</sup> من السائل إلى ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول ايدروكسيد الصوديوم فإذا حدث فوران وتصاد غاز ثانى أكسيد الكربون دل ذلك على وجود حمض الفورميك أو حمض الاسيتيك .

وللتميز بينهما يحضر محلول متعادل وتجري الاختبارات التالية :

( ٢ ) نترات الفضة النشادرية : راسب أبيض يتحول إلى رمادى فى حالة حمض الفورميك

فقط .

(ب) كلوريد الزئبق: راسب أبيض يتحول إلى رمادي وبالتسخين في حالة حمض الفورميك فقط :

ثانياً ، كاشف شيف : أضف بضع قطرات من كاشف شيف إلى جزء صغير من السائل فإذا تكون لون أرجواني في الحال دل ذلك على وجود الفورمالدهيد أو الاسيتالدهيد .

ويمكن التمييز بينهما بواسطة اختبار اليودفورم ، وبواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم .

(١) اختبار اليودفورم : يتكون راسب أصفر بالتسخين في حالة الاسيتالدهيد فقط .

(ب) محلول هيدروكسيد الصوديوم : أضف حوالي ٢ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم

إلى ١ سم<sup>٣</sup> من السائل ثم سخن . يتكون صمغ الالدهيد ذو لون أصفر في حالة الاسيتالدهيد فقط .

أما إذا تكون اللون الأرجواني بعد فترة طويلة من إضافة كاشف شيف دل ذلك على وجود الاسيتون. وللتأكد من وجود الاسيتون يجرى اختبار نروبروسيد الصوديوم (لون أحمر) واختبار اليودفورم (راسب أصفر على البارد) .

ثالثاً : اختبار اليودفورم : فإذا تكون راسب أصفر بعد التسخين دل ذلك على وجود الكحول الأثيري :

رابعاً : الاسترة : باستعمال حمض الساليسليك : فإذا تكون استر سالييلات الميثيل ذو الرائحة المميزة (رائحة زيت الكافور) دل ذلك على وجود الكحول الميثيل .

خامساً : اختبار البوراكس : فإذا تكون لون أحمر دل ذلك على وجود الجليسرين .

سادساً : اختبار ماء البروم : زوال لون البروم يدل على وجود كحول الأليل .

### الفرقة بين السوائل التي لا تمتزج بالماء

١ - اختبار اللسترة : إذا تكونت صبغة ذات لون أحمر فاقع مع البيتانافثول دل ذلك على وجود الإثيلين .

٢ - كلوريد الحديدك : إذا تكون لون بنفسجي دل ذلك على وجود الفينول . أو الساليسالدهيد

وتجرى الفرقة بينهما بواسطة محلول النشادر حيث يعطى الساليسالدهيد راسباً أبيضاً في الحال .

٣ - كاشف شيف : إذا تكون لون أحمر باهت بعد الرج الشديد دل ذلك على وجود

البرالدهيد :



- ٤- تكوين الاستر : مع حمض الخليك - يعطى الكحول البتريلي رائحة الياسمين بينما يعطى الكحول الاميلي رائحة الموز .
- ٥- اختبار النيرة : إذا كان موجبا ( ويجرى باحتراس ) دل ذلك على وجود البترول أو الطولين ويمكن التفرقة بينهما باختبار التجمد ( بتجميد البترول عند ٥°م ) .

## جدول الكشف عن المواد الصلبة

تشمل المواد الصلبة التي تعرضنا لها خلال دراستنا للمركبات العضوية البسيطة على :

( أ ) أحماض الاكساليك - الطرطريك - الستريك - البترويك - الساليسيليك .

( ب ) الأملاح مثل الفورمات والخلات وأملاح الأحماض السابقة .

( ج ) الكربوهيدرات مثل الجلوكوز - الفركتوز - المالتوز - اللاكتوز - السكروز - النشا .

( د ) بعض المواد الأخرى مثل هيدرات الكلورال واليوريا وأملاح الاتيلين والناثالين والاثراسين .

وللكشف عن المواد الصلبة تجرى التجارب التالية حسب الترتيب .

أولا - تأثير الحرارة : سخن قليلا من المادة الصلبة في أنبوبة اختبار جافة ولاحظ رائحة الأبخرة المتصاعدة . فإذا تصاعد غاز النشادر فالمادة الصلبة إما أن تكون ملح أمونيوم أو يوريا ( لاحظ أن الناثالين يتسامى بالتسخين ) ويمكن التفرقة بين اليوريا وأملاح الأمونيوم كما يلي :

( ١ ) أضف حوالي ١ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم البارد إلى قنبر صغير من المادة الصلبة في أنبوبة اختبار ثم رج المزيج جيدا ولاحظ رائحة الأبخرة المتصاعدة . فإذا تصاعد غاز النشادر دل ذلك على وجود ملح أمونيوم ، في هذه الحالة يجب الكشف عن الشق الحمضي للملح بإجراء الاختبارات الموضحة تحت البند ثالثا .

### (ب) اختبار يوريت :

موجب في حالة اليوريا فقط .

### ثانياً - اختبار مولش :

فإذا تكونت حلقة بنفسجية دل ذلك على وجود الكربوهيدرات ويمكن التمييز بينهم كما يلي :

### اختبار بارفويد :

فإذا تكون راسب أحمر من أكسيد النحاسوز بعد التسخين لمدة دقيقة دل ذلك على وجود السكريات الأحادية ( الجلوكونز أو الفركتوز ) ويمكن التفرقة بينهما باختبار الفرفورال ( موجب في حالة الفركتوز ) .

( ب ) إذا كان اختبار بارفويد سالباً تجرى اختبار نترات الفضة أو محلول قهليج فإذا كان موجباً دل ذلك على وجود المالتوز أو اللاكتوز ويفرق بينهما باختبار الأوزازون .  
( ح ) إذا كان اختبار بارفويد سالباً فالمادة الصلبة إما أن تكون سكروز أو نشا ويمكن التفرقة بينهما بواسطة محلول اليود ، فإذا تكون لون أزرق دل ذلك على وجود النشا .

### ثالثاً - محلول بيكربونات الصوديوم :

أضف قليلاً من محلول بيكربونات الصوديوم إلى محلول أو معلق المادة الصلبة في الماء .  
١ - فإذا لم يحدث فوران فالمادة الصلبة إما أن تكون ملحاً لحمض أو هيدرات الكلورال أو هيدروكربون ويمكن التمييز بينهم كما يلي :

### محلول كلوريد الحديدك المتعادل مع محلول المادة الصلبة :

( ١ ) إذا تكون لون أحمر يتحول بالغليان إلى راسب بني دل ذلك على وجود الفورمات أو الخلات ويفرق بينهما بواسطة محلول نترات الفضة النشاذية ( راسب رمادي في حالة الفورمات قط ) أو محلول كلوريد الزئبقك ( راسب أبيض يتحول إلى رمادي بالتسخين في حالة الفورمات قط ) .

( ب ) إذا تكون راسب بني فاتح ( لحمي ) دل ذلك على وجود البتروات .

( ح ) إذا تكون لون بنفسجي دل ذلك على وجود الساليسيلات .

### محلول كلوريد الكالسيوم مع محلول المادة الصلبة :

( ١ ) إذا تكون راسب أبيض في الحال دل ذلك على وجود الاكسالات .

( ب ) إذا تكون راسب أبيض بعد حك جدران الأنبوبة الداخلية دل ذلك على وجود الطرطرات .

( ح ) إذا تكون راسب أبيض بعد الغليان دل ذلك على وجود السترات .

أما إذا لم تعط المادة الصلبة أى نتائج إيجابية مع كلوريد الحديدك أو كلوريد الكالسيوم فالمادة الصلبة قد تكون هيدرات الكلورال أو هيدروكربون وللتأكد يجرى اختبار قهليج فإذا

تكون راسب أحمر دل ذلك على وجود هيدرات الكلورال وفي حالة عدم تكون راسب أحمر اعتبرت المادة هيدروكربون ويجرى اختبار البكرات .

٢ - أما إذا حدث فوران مع محلول بيكربونات الصوديوم وتصادد غاز ثاني أكسيد الكربون فالمادة الصلبة أما أن تكون حمض أو ملح من أملاح الأنيلين ويمكن التمييز بينهما كما يلي :

( ٢ ) اختبار المسترة : إذا تكونت صبغة ذات لون أحمر فاقع مع البيتانافثول دل ذلك على وجود أملاح الأنيلين .

### هيدروكلوريد الأنيلين :

راسب أبيض متجمع مع محلول نترات الفضة :

### كبريتات الأنيلين :

راسب أبيض مع نترات الباريوم لا يذوب في الأحماض المخففة .

(ب) إما إذا كان اختبار المسترة سالباً فالمادة الصلبة عبارة عن حمض ويمكن الكشف عنه بتحضير محلول متعادل وإجراء الاختبارات الموضحة تحت البند ثالثاً .

ويجب مراعاة أن الجدول المذكور يساعد الطالب على التعرف على المجهول ولكن من الضروري دائماً تدعيم الإستنتاجات بأكثر عدد ممكن من التجارب التأكيدية وذلك بالرجوع إلى التفاعلات الخاصة بكل مركب .

كما يمكن الإستعانة بالجدول المرفقة للفرقة بين المركبات المتشابهة :

الكاشف	الفلور والدميد	الاستالدميد	هيدرات الكورال	البرالدميد	السايسالدميد
درجات الفلوان	غاز	م <sup>٢١</sup>	صلب ينصهر عند ٥٧	م <sup>١٧٩</sup>	م <sup>١٩٦</sup>
كاشف شيف	موجب	موجب	-	موجب	-
نترات الفضة النشادرية	اختزال	اختزال	اختزال	اختزال	-
عزل فوئنج	موجب	موجب	موجب	اختزال يعطى شديدا	-
ثنائي نتر فويل الميزانين	م <sup>١٦٨</sup>	م <sup>١٦٨</sup>	-	م <sup>٢٣٧</sup>	م <sup>٢٥٢</sup>
هيدروكسيد الصوديوم	تفاعل كانيزارو	رائحة	رائحة الكلوروفورم	تفاعل كانيزارو	لون أصفر
نبروبرسيد الصوديوم	-	لون أحمر	-	-	-
احتبار اليودوفورم	-	موجب	-	-	-
كلوريد الميديك	-	-	-	-	لون بنفسجي





## الكرهيدراتات

الكاشف	البلوكوز	الفركتوز	السكرورز	اللاكتوز	النشا
اختبار ماريش	موجب	موجب	موجب	موجب	موجب
نترات الفضة النشادرية	موجب	موجب	-	موجب	-
محلول فهاينج	موجب	موجب	-	موجب	-
كاشف بارفريد	موجب	موجب	-	-	-
هيدروكسيد الصوديوم المركز الساخن	صمغ أصفر اللون	صمغ أصفر اللون	-	صمغ أصفر اللون	-
اختبار الفروفرال النسيج	يتأخر	في المحال	في المحال	يتأخر	لون يتبدل إلى البنفسجي
الأوزازون	متشابهة من المحلول الساخن	-	-	بعد تبريد المحلول	-

### اختبارات خاصة :

الفركتوز ( ١ ) اختبار الفروفرال . ( تتلون ورقة خلاصات الايلين بانان الأحمر )

( ٢ ) اختبار شاني الفيتا،لامين : يعطى لون أزرق مع الفركتوز في المحلول الكحولي



## القسم الثالث

### التحليل الكمي



## الباب التاسع

### التحليل الكمي

#### Quantitative Analysis

ينقسم التحليل الكمي إلى قسمين :

١ - التحليل الكمي الوزني : وهو يعتمد على حدوث التفاعل بين أوزان محدودة من المواد ، ثم تقدير وزن المركب الناتج بعد قصاه .

٢ - التحليل الكمي الحجمي : وهو يعتمد على حدوث تفاعل بين المواد المختلفة في محاليلها بنسب أوزانها المتكافئة ، ولا يشترط حيث فصل المركب الناتج ، ولكن يستدل على نهاية التفاعل أو نقطة التكافؤ بطرق خاصة ، كاستعمال الأدلة Indicators أو غيرها .

### التحليل الحجمي

#### Volumetric Analysis

وفيه يعين حجم محلول معلوم تركيزه بالضبط ، والذي يلزم للتفاعل كميًا مع محلول آخر مجهول التركيز ، والمحلول المعلوم تركيزه بالضبط يسمى بالمحلول القياسي Standard Solution ، وهو يحتوي على عدد محدود من الجرامات الجزيئية في اللتر .

وبمعرفة حجم المحلول القياسي الذي يتفاعل تمامًا مع محلول المادة الأخرى ذات التركيز المجهولة أو بتطبيق قوانين التكافؤ الكيميائي ، يمكن حساب قوة المحلول المجهولة .

المحلول القياسي : هو ذلك المحلول الذي يحتوي على وزن معلوم من المذاب في قدر معلوم من المحلول .

المحلول العياري : Normal Solution هو ذلك المحلول الذي يحتوي على الوزن المكافئ الجرام للمذاب في لتر من المحلول . ويرمز له بالحرف « N » :

المحلول المولاري : Molar Solution هو ذلك المحلول الذي يحتوي على الوزن الجزيئي الجرام للمذاب في لتر من المحلول ، ويرمز له بالحرف « M » .

ومن الوجهة العامة تقسم عمليات المعايرة إلى ثلاثة أقسام رئيسية :



### ١ - تفاعلات التعادل : Neutralization Reactions

وفيها تتم معايرة حمض بقاعدة ، أو العكس ، والتفاعل الأساهى في هذه الحالة ، هو اتحاد أيونات الإيدروجين بأيونات الأيدروكسيل لتكوين الماء ، ويطلق عليها أيضاً تفاعلات الحمضية Acidimetry والقلوية Alkalimetry .

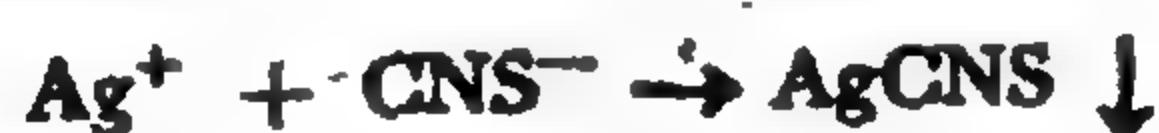
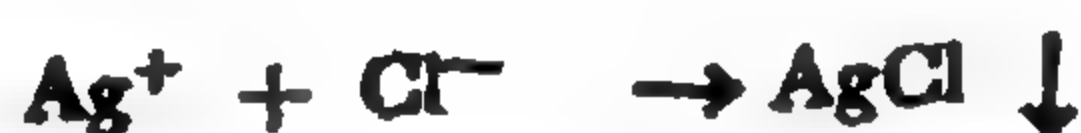


وتشمل هذه التفاعلات معايرة القواعد الحرة ، أو القواعد التي تتكون عند تميؤ أملاح الأحماض الضعيفة ، مع الأحماض (acidimetry) ، وكذلك معايرة الأحماض الحرة ، أو الأحماض التي تتكون عند تميؤ أملاح القلويات الضعيفة مع قاعدة قياسية (Alkalimetry)

### ٢ - تفاعلات الترسيب وتكوين المركبات المترابكة :

Precipitation and Complex — formation reactions

وهي تعتمد على اتحاد الأيونات (عند أيونات الأيدروجين والأيدروكسيل) لتكوين راسب بسيط (عديم الذوبان أو شحيحة في الماء) ، مثل معايرة نترات الفضة مع كلوريد الصوديوم أو ثيوسيانات البوتاسيوم :



عملية معايرة سيانيد البوتاسيوم مع نترات الفضة في المحلول :



ويلاحظ في النوعين السابقين من تفاعلات المعايرة ، أن التفاعل يحدث دون تغيير في التكافؤ ، حيث يعتمدان على اتحاد الأيونات .

### ٣ - تفاعلات الأكسدة والاختزال : Oxidation — Reduction Reactions

وفي هذا النوع من التفاعلات تحدث عملية أكسدة لإحدى المواد ، وعملية اختزال للمادة الأخرى في نفس الوقت ، ويصحبها تغير في التكافؤ أو انتقال للإلكترونات ، فعند إضافة محلول برمنجنات البوتاسيوم إلى محلول كبريتات الحديدوز ، في وسط حمضي ، فإن أيون الحديدوز ثنائي التكافؤ يتأكسد إلى أيون الحديديك ثلاثي التكافؤ ، وفي نفس الوقت يختزل أيون البرمنجنات  $MnO_4^-$  وفيه المنجنيز مباعى التكافؤ إلى أيون  $Mn^{++}$  ثنائي التكافؤ .

والمواد المؤكسدة التي كثيراً ما تستخدم في التحليل الحجمي هي : برمنجنات البوتاسيوم

$\text{KMnO}_4$  يكرومات البوتاسيوم ،  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ، اليود  $\text{I}_2$  ، يودات البوتاسيوم  $\text{KIO}_3$  ،  
برومات البوتاسيوم  $\text{KBrO}_3$  والكلورامين T .

وكمواد مختزلة غالباً ما يستخدم ثيوكبريتات الصوديوم ، أكسيد الزرنيخوز ، كلوريد  
وكبريتات التيتانوز ، أملاح الحديدوز ، والأكسالات

### الأوزان المكافئة : Equivalent weights

المحاليل القياسية المستخدمة في عمليات المعايرة هي المحاليل العيارية ، أى التى تحتوى على  
الوزن المكافئ من المادة ، أو اجزائه أو مضاعفاته فى اللتر ( تحدث التفاعلات دائماً بين المواد  
بنسب أوزانها المكافئة ) ، وبذلك تصبح طريقة الحساب الخاصة بالتحليل الحجمى بسيطة ،  
وغير معقدة كما يتضح مما يلى :

إذا فرض أن حجم قلوة  $V_A$  لتر من المادة (A) ، التى تحتوى على  $x$  جرام مكافئ من المادة  
قد تعادل تماماً مع حجم قلوة  $V_B$  لتر من المادة (B) ، الذى يحتوى على  $y$  جرام مكافئ من المادة  
فإن :

$$x \equiv y \quad (1)$$

فإذا كانت عبارة المحلول A هي  $N_A$  ، وعبارة المحلول B هي  $N_B$  فمن تعريف العيارية  
تصبح :

$$N_A = \frac{x}{V_A} \text{ ومنها } x = N_A V_A \quad (2)$$

$$N_B = \frac{y}{V_B} \text{ ومنها } y = N_B V_B \quad (3)$$

ومن المعادلات (1) ، (2) ، (3) يتج أن :

$$N_A V_A = N_B V_B$$

وتستخدم المعادلة الأخيرة فى تقدير عبارة محلول مجهول مثل B مثلاً ، بمعلومية عبارة  
محلول آخر قياسى  $N_A$  ، وأحجامها المقاسة فى عمليات المعايرة .

وبذلك تتضح أهمية الأوزان المكافئة فى التحليل الحجمى ، ويتوقف الوزن المكافئ لمادة  
ما على طبيعة التفاعل ( أى التفاعلات فى التعادل ، والترسيب والأكسدة والاختزال ) كما سيرد  
فيما بعد :

## ملاحظات هامة على التنفيذ العملي لتجارب المعايرة واستخدام الأجهزة الخاصة بها:

يطلق على الطريقة التي تتم بها عمليات التحليل الحجمي «عمليات المعايرة» Titration وفيها يوضع المحلول القياسي في السحاحة Burette ، ثم يؤخذ حجم معين من المحلول المجهول بواسطة ماصة Pipette ، ويوضع في دورق مخروطي Conical flask ويضاف إليه المحلول القياسي من السحاحة بدقة ، حتى تصل إلى نقطة التكافؤ End point أو نقطة التعادل Neutralization point وعندها يكون التفاعل قد تم بين المادتين .

وتتوقف صحة النتائج على الدقة في العمل ، وبوجه عام فإن التحليل الحجمي يتطلب دقة خاصة ، إذ أن أي إهمال في إحدى الخطوات ، قد يؤثر كميّاً في النتيجة النهائية ، ولذا يجب مراعاة بعض النقاط التالية ، لضمان الوصول إلى نتائج صحيحة .

### أولاً- السحاحة :

١ - يلزم غسل السحاحة جيداً بالماء ، ثم بالماء المقطر ، وأخيراً بالمحلول الذي سيوضع فيها ، عند غسل السحاحة بالماء المقطر أو بالمحلول ، فإنه ليس من الداعي استخدام كميات كبيرة منها ، ولكن يكفي وضع حوالي ٢ - ٤ مل من السائل ، ثم تقليب هذه الكمية مع رجها بدقة على جدران السحاحة الداخلية ، وتعاد هذه العملية مرتين أو ثلاثاً .

٢ - عند ملء السحاحة بالمحلول يجب استخدام قمع صغير فوق طرف السحاحة ، ويجب رفع هذا القمع مباشرة بعد ملئها لمنع احتمال تساقط قطرات من المحلول ، قد تكون ملتصقة بالقمع أثناء إجراء عملية المعايرة ، وإلا أدى ذلك إلى تغيير مستوى سطحه في السحاحة .

٣ - يجب التأكد من عدم وجود فقاعات هوائية أسفل صنبور السحاحة ، فإن وجدت يلزم التخلص منها بفتح الصنبور إلى أقصاه ، لكي يندفع السائل من السحاحة بسرعة فيطرد منه الهواء ( وفي حالة فشل هذه الطريقة ، يوضع جزء من المحلول في كأس ، سبق غليه بالماء ثم بالماء المقطر ، ثم بالمحلول ، وبعد ذلك يغمر طرف السحاحة في المحلول ، ويشفط السائل إلى داخلها عن طريق فتحها العليا ) .

٤ - بعد إزالة ما قد يكون هناك من فقاعات هوائية تثبت السحاحة في حاملها بحيث تكون عمودية ، ثم يضبط سطح السائل عند تدريج معين ، ويستحسن غالباً أن يكون تدريج الصفر ، وبذلك تكون السحاحة معدة للاستعمال .

٥ - عند قراءة موضع السائل في السحاحة ، يجب أن تكون العين في نفس المستوى الأفقي لسطح السائل ، وذلك لتفادي الخطأ في القراءة ، فإذا كانت العين تحت المستوى الأفقي للسطح

يكون الخطأ بالزيادة ، أما إذا كانت فوق المستوى الأفقى للسطح حدث خطأ بالتقص .

٦ - لمساعدة العين فى تحديد موضع السائل بالضبط ، فى حالة المحاليل الشفافة ، تؤخذ بطاقة ، نصفها السفلى مسود بالقلم الرصاص ، فإذا وضعت هذه البطاقة أسفل مستوى السطح بحوالى ١ - ٢ مم ، فإن سطح السائل يظهر قائماً ، ويتحدد موضعه بمساعدة النصف العلوى الأبيض من البطاقة .

وبالنسبة للمحاليل الشفافة يجب أن تكون القراءة اعتباراً من أسفل نقطة فى السطح .  
أما فى حالة المحاليل الملونة ( مثل برمنجنات البوتاسيوم ، ومحلول البود ) فلا داعى لاستخدام البطاقة ، وتتخذ القراءة اعتباراً من السطح العلوى نظراً لوضوح موضعه .

٧ - يستحسن استخدام كلتا اليدين ، عند فتح صنبور السحاحة ، بحيث يمسك الغلاف الخارجى للصنبور بإحدى اليدين ، وبالأخرى يدار قلب الصنبور حتى يمكن التحكم فى فتحة الصنبور بإحدى اليدين ، وبالأخرى يدار قلب الصنبور حتى يمكن التحكم فى فتحة الصنبور ، وخصوصاً فى المرحلة الأخيرة من عملية المعايرة حينما يكون المطلوب هو إزال نقطة واحدة مثلاً من المحلول فى الدورق المخروطى ومنعاً لانتقالات قلب الصنبور من غلافه فى حالة استعمال يد واحدة فى فتحه .

٨ - عند نزول المحلول من السحاحة ، قد يحدث أن يلامس جدران أو فوهة الدورق المخروطى ، ولذلك يلزم غسل هذه الجدران بالماء المقطر من زجاجة الغسيل washing bottle ، حتى لا يترك جزء من المحلول عالقاً بهذه الجدران دون أن يستغل فى عملية المعايرة ، مما يؤدى إلى خطأ فى التجربة .

وعند تبقى نقطة من السائل معلقة بطرف السحاحة ، يلزم أخذها بأن تلمس فوهة الدورق المخروطى فوهة السحاحة لمساً خفيفاً ، ثم تغسل الفوهة بالماء المقطر من زجاجة الغسيل .

٩ - يلزم مراعاة عدم تناثر شئ من المحلول النازل من السحاحة أو الموجود داخل الدورق المخروطى إلى الخارج ، ولذلك يجب ألا يكون طرف السحاحة بعيداً عن فوهة الدورق المخروطى ، بل من المستحسن أن يكون فى داخل الفوهة .

١٠ - يشحم صنبور السحاحة بالفازلين تشحيماً خفيفاً بحيث لا يتسبب فى سد ثقب الصنبور ، ويجب غسل السحاحة جيداً بالماء المقطر بعد الانتهاء من استخدامها ، ثم تعلق فى حاملها مقلوبة .  
منعاً من دخول الغبار إلى داخلها .

## ثانياً - الماصة :

تستخدم الماصة فى نقل أحجام محدودة من السوائل أو المحاليل وهناك عادة نوعان من الماصات :



النوع الأول به علامة واحدة في ساقها العلوى ، وتستخدم في نقل حجم يساوى القرامة المكتوبة على الماصة .

والنوع الثانى مدرج إلى ستيمترات ومليمترات مكعبة ويستخدم في نقل أحجام مختلفة حسب الرغبة .

ويجب مراعاة الملاحظات التالية عند استخدام الماصة في عملية المعايرة .

- ١ - تغسل الماصة بالماء أولاً ثم بالماء المقطر وبالمحلول على الترتيب .
- ٢ - عند غسل الماصة بالمحلول ، يجب ألا تغمر الماصة بأى حال في الزجاجات التى تحتوى على المحلول مباشرة . وذلك لكى لا يتغير تركيز المحلول بقطرات الماء قد تكون عالقة بجدران الماصة من الداخل .

٣ - لنقل حجم من المحلول بواسطة الماصة ، يغمر طرفها تحت سطح المحلول ويشفط باحتراس ( بواسطة الفم إذا لم يكن المحلول ضاراً أو بواسطة حقنة في طرفها أنبوبة من المطاط إذا كان المحلول ضاراً ) حتى يصبح مستوى سطحه داخل الماصة أعلى من العلامة التى عليها قليلاً ( ١ - ٢ سم ) ، ثم تغلق الماصة بالضغط على طرفها العلوى بأصبع السبابة الخاف ( وليس بالإبهام ) ، ولضغط سطح السائل عند العلامة يخفف ضغط الإصبع قليلاً ، حتى يبدأ السائل في السريان ببطء إلى أن يمس سطح المحلول السفلى العلامة التى على ساق الماصة ، مع مراعاة أن تكون العين والعلامة في مستوى أفقى واحد ، وأن تكون الماصة أثناء ضبطها عمودية وليست مائلة .

٤ - بعد انتهاء تفريغ السائل من الماصة ، ويتبقى عادة جزء من المحلول قرب طرفها ، ويجب تلمس جدران الدورق المخروطى الداخلى بطرف الماصة لمساً خفيفاً ثلاث مرات أو أربع ، ( يجب عدم النفخ في الماصة بالقلم مهما كانت الظروف ) ، ومن الجدير بالذكر أن ما قد يتبقى بعد هذه العملية الأخيرة في طرف الماصة فهو لا يدخل في حساب حجمها الفعلى المسجل عليها .

٥ - من المستحسن أن تكون الماصة في وضع مائل على العمودى لكى يسرى المحلول فيها بسرعة معتدلة .

### ثالثاً - الدورق المخروطى :

تجرى عمليات المعايرة ، في دوارق مخروطية ذات سعة مناسبة ، ويجب غسل هذه الدورق بالماء المقطر قبل استعمالها ، ولا تغسل بتاتاً بالمحلول الذى سيوضع فيها ، ويكتفى بقطرة أو قطرتين من الدليل مع مراعاة أن الاكثار من الدليل فوق هذا الحد يؤثر في النتيجة ، ومن الأفضل وضع الدورق المخروطى على رخامة بيضاء ، لإمكان ملاحظة التغير في لون الدليل بدقة ، ويجب رج الدورق المخروطى من آن لآخر أثناء عملية المعايرة لتحلط المحلولين ، كما يجب غسل الجدار الداخلى



للدورق بقدر من الماء المقطر ( من دورق القليل ) .

وعادة ما تجرى تجربة تمهيدية لمعرفة مدى نقطة التكافؤ ، وذلك بإسقاط المحلول من السحاحة مليلترا ، مليلترا حتى آخر مليلتر يتم عنده التعادل .

وعند إعادة التجربة تجعل مقداراً من المحلول يتساقط إلى الدورق بشرط أن يكون أقل من الحجم السابق بحوالي مليلتر واحد ، ثم يسقط المحلول بعد ذلك نقطة نقطة ، مع رج الدورق بعد كل نقطة ، وغسل الجدران الداخلية للدورق بالماء المقطر من آن لآخر حتى يتم التعادل ؛

وبهذه الطريقة يمكن تعيين حجم المحلول الذي استهلك في عملية المعايرة بالضبط . وتعاد عملية المعايرة بنفس الكيفية ثلاث أو أربع مرات ، وتدون النتائج في جدول ، يؤخذ المتوسط بين هذه النتائج بشرط ألا يزيد الفرق بين أى منها عن ٠.١ مل ، وفي حالة ما إذا كانت إحدى النتائج غير مطابقة للآخرين تستبعد عند أخذ المتوسط .

#### رابعاً - المادة القياسية المستخدمة :

يجب أن تتصف المادة القياسية المستخدمة بالصفات التالية :

١ - يسهل الحصول عليها ، قوية ، وألا يتغير صفاتها أثناء الوزن أو تركها في الهواء ، أو عند التخفيف .

٢ - أن يكون وزنها المكافئ كبيراً نسبياً حتى يمكن تلافي الأخطاء الناتجة عن الوزن .

٣ - أن تكون سهلة الذوبان في ظروف العمل .

٤ - أن يحدث معها تفاعل بسرعة .

#### خامساً - وحدة الحجم :

وحدة الحجم المستخدمة في قياس حجم السائل هي اللتر . واللتر هو عبارة عن الحجم الذي يشغله كيلوجرام واحد من الماء عند درجة حرارة ٤° م والضغط الجوى المعتاد .

والميليلتر ( ml. ) وهو عبارة عن  $\frac{1}{1000}$  من اللتر .

والستيمتر المكعب ( سم<sup>٣</sup> cc. ) هو عبارة عن الحجم الذي يشغله مكعب طوله ضلعه ١ سم .

ون الجدير بالذكر أن ١٠٠٠ مل = ١٠٠٠.٠٢٨ سم<sup>٣</sup> .

## الباب العاشر

### تفاعلات التعادل

#### Acidimetry and Alkalimetry

الفرض من معايرة محلول قلوي باستخدام محلول قياسي لحمض ، هو تحديد كمية الحمض الذي يكافئ بالضبط كمية القاعدة الموجودة . ويستدل على ذلك بنقطة التكافؤ  $\text{Stoichiometric Point, Equivalent Point}$  أو نقطة التعادل النهائية  $\text{theoretical end point}$  ، ويمكن تحليدها في محلول مائي للحمض والقاعدة .

فإذا كان كل من الحمض والقاعدة الكتروليتات قوية  $\text{Strong electrolytes}$  فإن المحلول الناتج يصبح متعادلاً ورقمه الأيروجيني  $\text{pH} = 7$  .

أما إذا كان الحمض أو القاعدة الكتروليتاً ضعيفاً، فإن الملح الناتج من تعادله يتفكك إلى جزء ما ، ويصبح المحلول بذلك عند نقطة التكافؤ إما قلوياً ضعيفاً أو حمضياً . ويمكن حساب الرقم الأيروجيني للمحلول بالضبط عند نقطة التكافؤ بمعرفة ثابت التأين للحمض الضعيف أو للقاعدة الضعيفة ، وتركيز المحلول .

وبالنسبة لأي عملية معايرة فإن نقطة التكافؤ يمكن تمييزها بواسطة تعيين تركيز أيون الهيدروجين في المحلول ، ويعتمد ذلك على طبيعة كل من الحمض والقاعدة وتركيز المحلول .

الأوزان المكافئة في تفاعلات التعادل :

$$1 - \text{الوزن المكافئ لحمض} = \frac{\text{وزنه الجزيئي}}{\text{قاعدته}}$$

أو بعبارة أخرى هو ذلك الوزن الذي يحتوي على ذرة واحدة من الهيدروجين البديل ، أي 1.008 جم من الهيدروجين .

والوزن المكافئ للحمض أحادي القاعدية مثل أحماض الهيدروكلوريك والهيدروبرويك والهيدروبيديك والنريك والبيركلوريك والخليلك =  $\frac{\text{وزنه الجزيئي}}{1}$  والمحلول العياري للحمض أحادي

القاعدية يحتوي بذلك الوزن الجزيئي الجرامي ( 1 جزء ) في اللتر من المحلول .

والوزن المكافئ للحمض ثنائي القاعدية ( مثل حمض الكبريتيك ، والأكساليك أو الحمض

ثلاثى القاعدية ( حمض الفسوريك ) بالمثل  $\frac{1}{3}$  ،  $\frac{1}{3}$  الوزن الجزيئى على الترتيب .

٢ - الوزن المكافئ لقاعدة =  $\frac{\text{وزنها الجزيئى}}{\text{حمضيتها}}$

أو هو عبارة عن ذلك الوزن الذى يحتوى على مجموعة واحدة من الهيدروكسيل البتول .  
أى ١٧,٠٠٨ جم من أيون الهيدروكسيل .

وحيث إن ١٧,٠٠٧ جم من أيون الهيدروكسيل يكافئ ١,٠٠٨ جم من الهيدروجين فإن الوزن المكافئ "لهيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم أو هيدروكسيد الأمونيوم" =  $\frac{\text{الوزن الجزيئى}}{1}$

أما فى حالة هيدروكسيد الكالسيوم ، وهيدروكسيد الاسترانسيوم أو هيدروكسيد الباريوم فإن الوزن المكافئ =  $\frac{1}{2}$  الوزن الجزيئى .

٣ - الأملاح المكونة من قاعدة قوية وحمض ضعيف مثل كربونات الصوديوم تسلك مسلك القواعد فى محاليلها نتيجة للتميؤ .

وتتفاعل جم جزئى من كربونات الصوديوم ( فى وجود الميثيل البرتقالى كدليل ) مع ٢ جم جزئى من حمض الهيدروكلوريك لتكوين ٢ جم جزئى من كلوريد الصوديوم :



وبذلك فإن الوزن المكافئ لكربونات الصوديوم =  $\frac{\text{وزنها الجزيئى}}{2}$

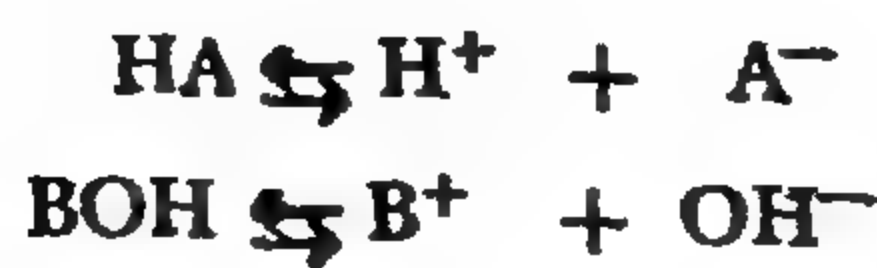
وعلى العموم فإن الوزن المكافئ "لملح هو ذلك الوزن من الملح الذى يحتوى على الوزن المكافئ" لأحد شقيه ، أو هو الوزن الناتج من تعادل الوزن المكافئ لحمض مع الوزن المكافئ لقاعدة .

### الأدلة المستخدمة فى تفاعلات التعادل

#### Acid - base indicators

عند معايرة حمض مع قاعدة ، نلاحظ أنه يلزم دليل مناسب لكل نقطة تعادل ، والأدلة المستخدمة إما أن تكون أحماضاً عضوية acid indicators أو قواعد عضوية (basic indicators) .  
وفى حالتها المتفككة يصبح لها لون يختلف عنه فى حالتها غير المتفككة .

فإذا رمزنا للدليل الحمضى بالرمز «HA» وللدليل القاعلى بالرمز «BOH» فإنه عند تفككها يحدث الإتران التالى :



ويوجد عدد كبير من الأدلة التي يمكن استخدامها في عمليات التعادل ، وتتميز هذه الأدلة بأن التغير في اللون لا يحدث فجائياً ، بل يحدث في مدى قد يصل إلى وحدتين من وحدات الرقم الهيدروجيني :

ويعرف هذا بمدى تغير اللون للليل وهو يختلف اختلافاً كبيراً من دليل إلى آخر .

ويعتبر الدليل مناسباً إذا كان يعطيه لون محدد عند الرقم الهيدروجيني في اللحظة التي توجد فيها كميات متكافئة من الحمض والقاعدة ( انظر ص ٢٣٩ ) أي عند نقطة التكافؤ .

وفي أي محلول مائي يكون حاصل ضرب  $[H^+] \times [OH^-] =$  كمية ثابتة  $(10^{-14})$  وتسمى بالحاصل الأيوني ، ويعبر عادة عن تركيز أيون الهيدروجين في المحاليل بما يعرف بالرقم الهيدروجيني ( PH ) وهو يساوي اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين ، ويوضح الجدول التالي طبيعة المحلول عند رقمه الهيدروجيني :

طبيعة المحلول	نسبة $[H^+]$ إلى $[OH^-]$ في المحلول	تركيز أيون الهيدروجين في المحلول	الرقم الهيدروجيني للمحلول $[PH = - \log H^+]$
متعادل	$[H^+] = [OH^-]$	$10^{-7}$	٧
حمضي	$[H^+] > [OH^-]$	أكبر من $10^{-7}$	أقل من ٧
قلوي	$[H^+] < [OH^-]$	أقل من $10^{-7}$	أكبر من ٧

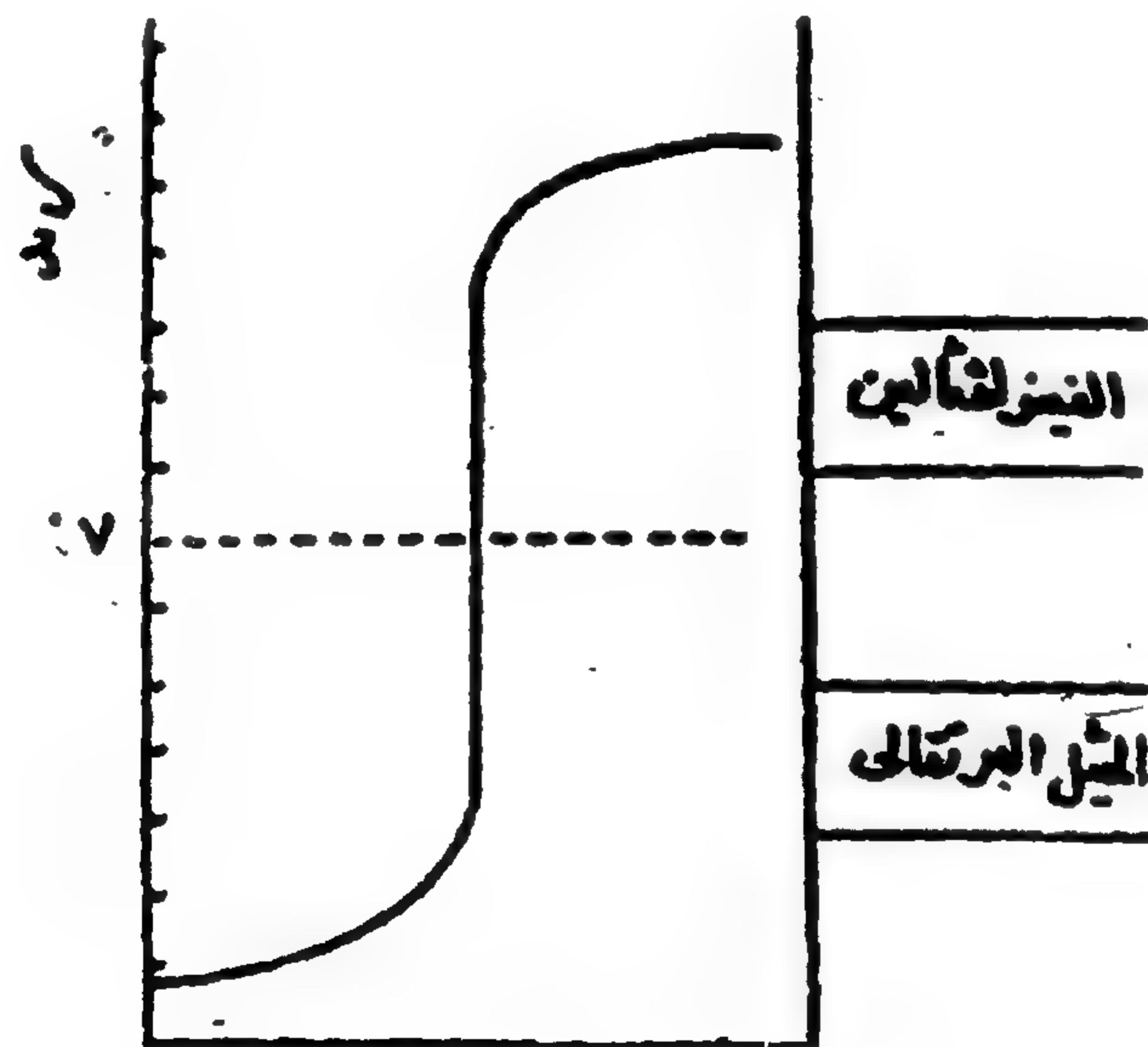
ولا يشترط عند الوصول إلى نقطة التعادل ، أن يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول  $PH = 7$  ، ويوضح الجدول التالي ( ص ٢٣٩ ) المدى من الرقم الهيدروجيني الذي يغير فيه الدليل لوجه :

ويمكن اختيار الدليل المناسب لعمليات التعادل بعد دراسة منحنى التعادل لكل حالة على حدة ومعرفة مدى التغير في الرقم الهيدروجيني عند نقطة التكافؤ .

### منحنيات التعادل :

تمثل هذه المنحنيات التغير في الرقم الهيدروجيني أثناء عملية المعايرة .

الدليل	مدى الرقم الهيدروجيني	اللون في الوسط الحمضي	اللون في الوسط القاعدي
الميثيل البرتقالي	٣,١ - ٤,٤	أحمر	أصفر
الفينولفثالين	٨,٣ - ١٠,٠	عديم اللون	أحمر وردي
عباد الشمس	٦,٦ - ٧,٥	أحمر	أزرق
الميثيل الأحمر	٤,٢ - ٦,٣	أحمر	أصفر
الكريزول الأحمر	٧,٢ - ٨,٧	أصفر	أحمر
البرموكريزول الأحمر	٥,٢ - ٦,٨	أصفر	أرجواني
البرموثيمول الأزرق	٦,٠ - ٧,٦	أصفر	أزرق



(شكل ١٣) تعادل حمض قوي مع قاعدة قوية

## ١ - تعادل الأحماض والقواعد القوية :

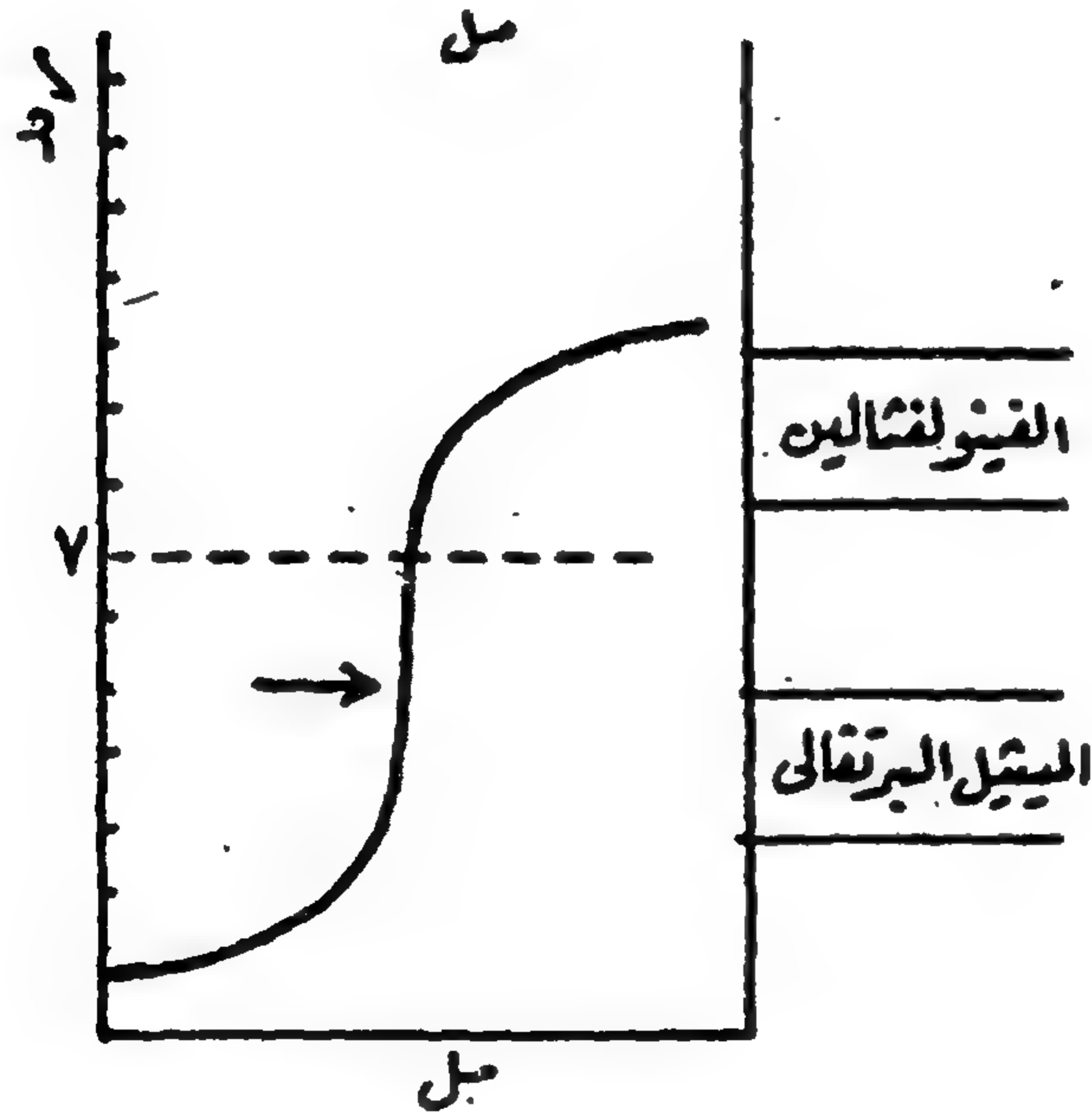
يبين (شكل ١٣) التغير في الرقم الهيدروجيني عند تعادل كميات متكافئة من حمض قوي (مثل حمض الهيدروكلوريك) مع قاعدة قوية (مثل هيدروكسيد الصوديوم) ، ويتضح من هذا الشكل أن الرقم الهيدروجيني للمحلول يزداد تدريجياً بإضافة كميات قليلة من القلوي حتى تصل إلى نقطة التعادل وعندما يحدث تغير مفاجئ في الرقم الهيدروجيني من ٤ : ١٠ .



وينبني على هذا أن جميع الأدلة السابقة تصلح للاستخدام في هذا النوع من المعايرة ، حيث أنها جميعاً تغير لونها في هذا المدى من الرقم الهيدروجيني .

## ٢ - تعادل قاعدة قوية مع حمض ضعيف :

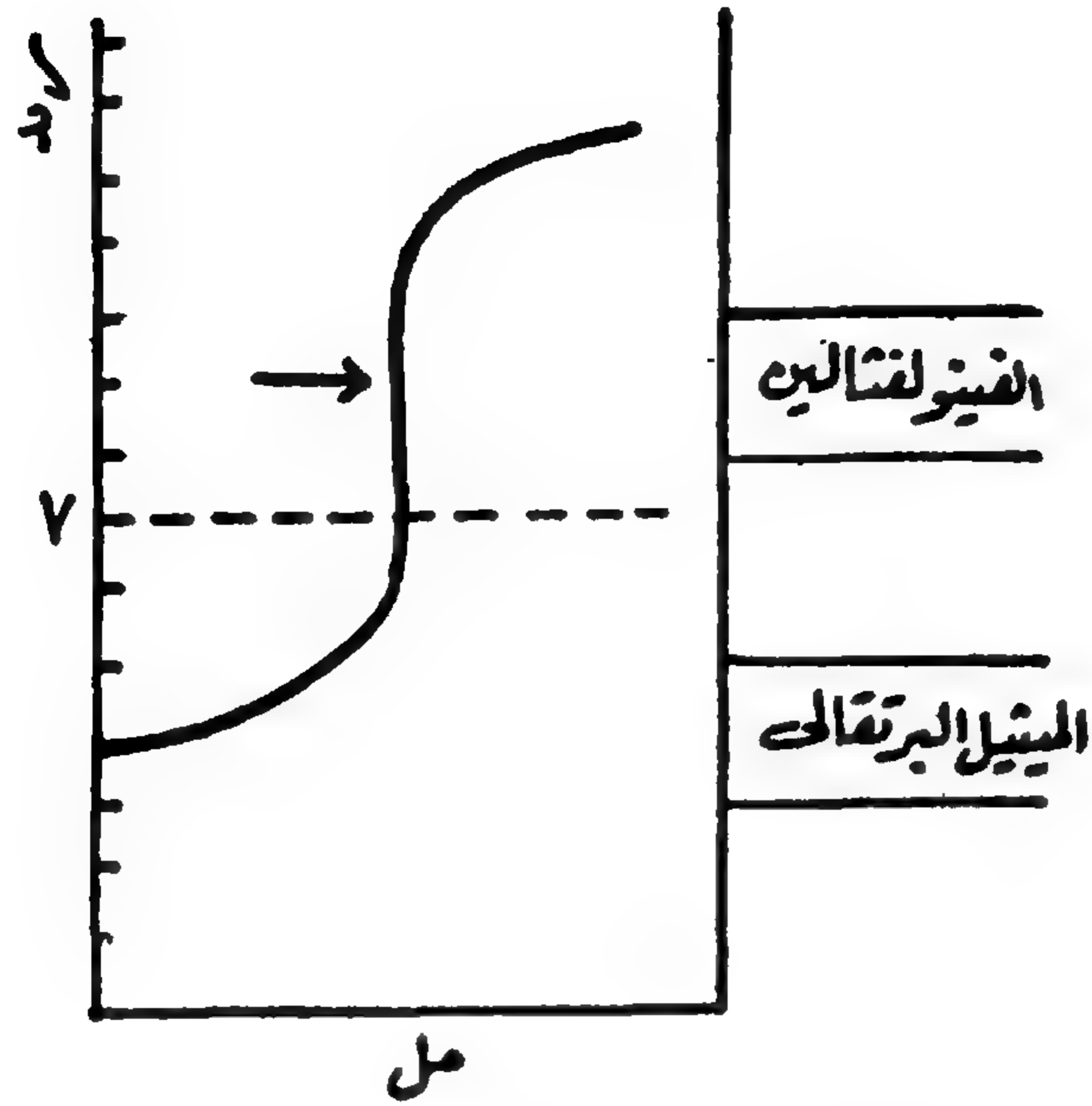
(وذلك مثل معادلة هيدروكسيد الصوديوم بـ حمض الخليك) يبين (شكل ١٤) مدى التغير في الرقم الهيدروجيني عند نقطة التكافؤ في هذه الحالة ، ويتضح من هذا الشكل أن إضافة كميات متكافئة من الحمض للقاعدة أى عند نقطة التكافؤ يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول أعلى من ٧ (حوالي ٨) ومنه يتضح أن الفينولفثالين هو أصح الأدلة في هذه الحالة بينما لا يصلح الميثيل البرتقالي في مثل هذه المعايرة .



(شكل ١٤) تعادل قاعدة قوية مع حمض ضعيف

## ٣ - تعادل حمض قوى مع قاعدة ضعيفة :

(وذلك مثل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الأمونيوم) ويتضح من (شكل ١٥) أن الرقم الهيدروجيني للمحلول عند نقطة التكافؤ يكون أقل من ٧ (حوالي ٥) وبذلك لا يصلح الفينولفثالين كدليل في هذه الحالة بينما يمكن استخدام الميثيل البرتقالي :



(شكل ١٥) تعادل حمض قوي مع قاعدة ضعيفة

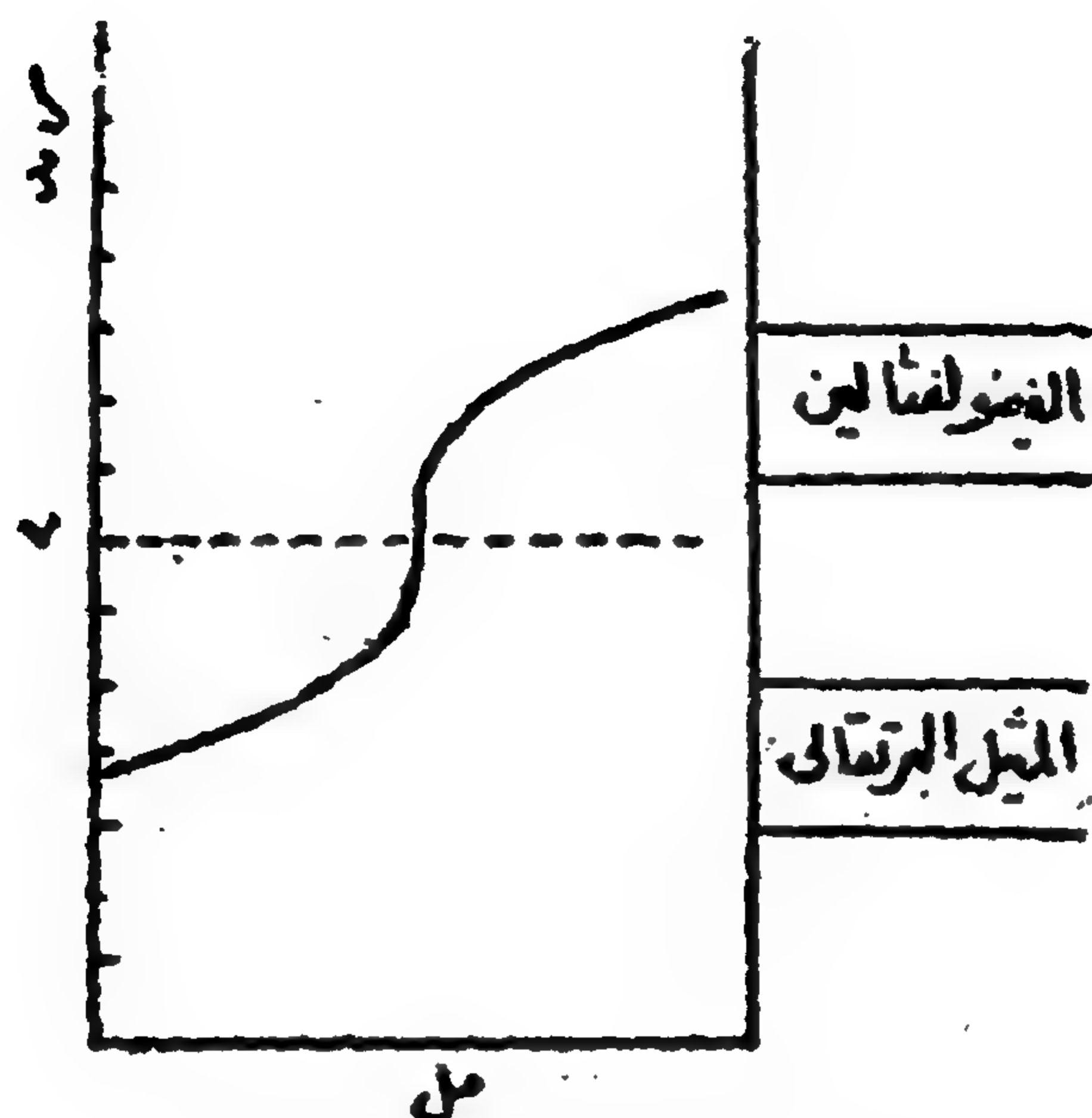
#### ٤ - تعادل حمض ضعيف مع قاعدة ضعيفة :

(وذلك مثل حمض الخليك مع هيدروكسيد الأمونيوم) : يتضح من (شكل ١٦) أن مدى التغير في الرقم الهيدروجيني يكون ضئيلاً للغاية بحيث لا يمكن معه استخدام أى من الأدلة البسيطة المعروفة ، وعادة ما يستخدم أدلة مختلطة مثل الأحمر المتعادل مع أزرق الميثيلين .

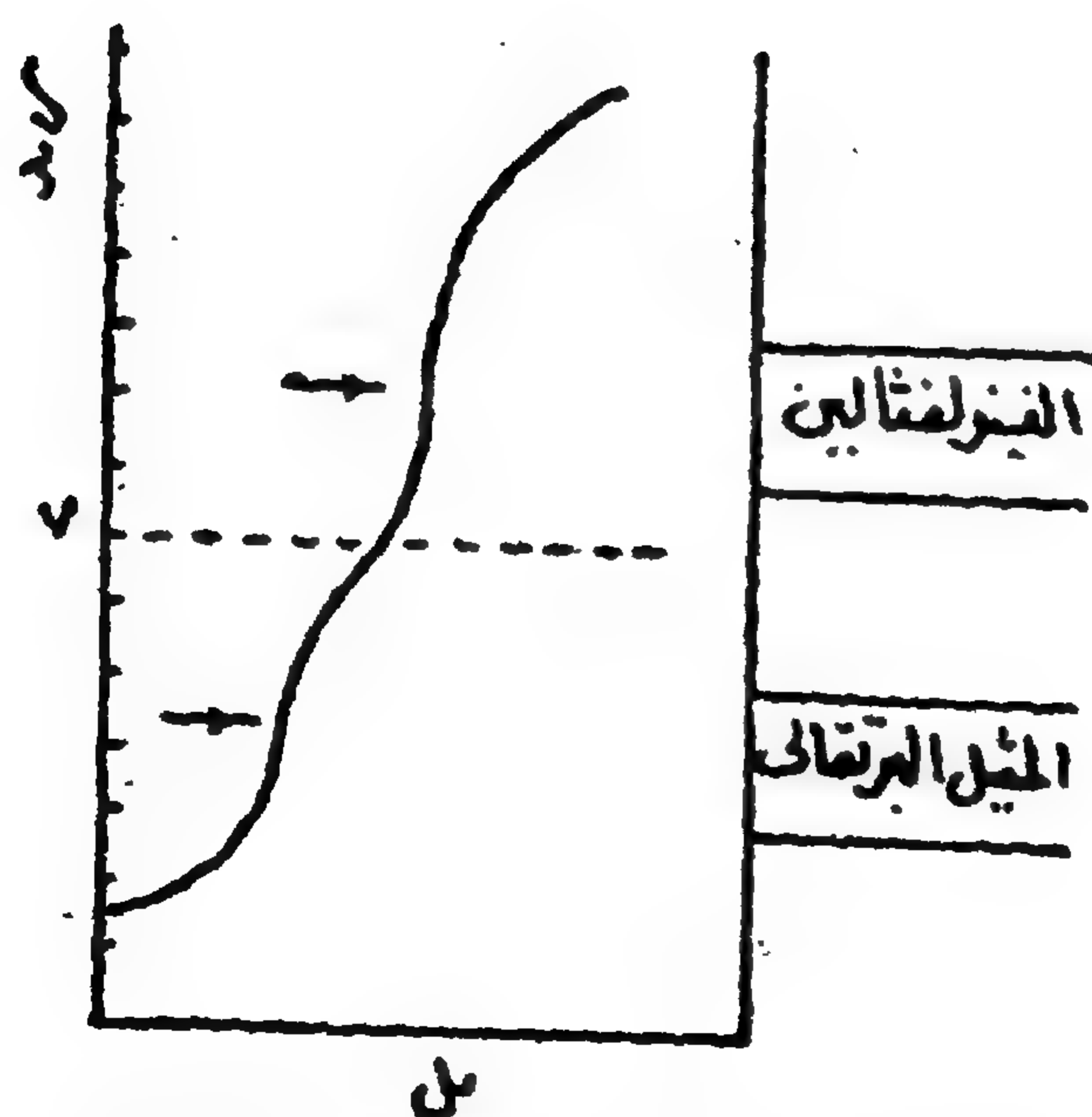
#### ٥ - معادلة عديدة القاعدية بقاعدة قوية :

وذلك مثل معادلة حمض الفوسفوريك بهيدروكسيد الصوديوم : ويتأين حمض الفوسفوريك على ثلاث مراحل ، وكما يتضح من منحنى المعايرة (شكل ١٧) فإن نقطة التكافؤ في المرحلة الأولى تقع عند  $pH = 2.1$  ولذا يمكن استعمال الميثيل البرتقالي في هذه المرحلة . أما في المرحلة الثانية فتقع نقطة التكافؤ عند  $pH = 7.2$  ، وعندها يمكن استخدام الفينولفتالين . ومن الصعب اختيار دليل مناسب للمرحلة الثالثة حيث أن منحنى التعادل فيها يكون منبسطاً .

وفي حالة الأحماض عديدة القاعدية التي يكون فيها القارق بين ثابتي التأين في المرحلة الأولى والثانية ضئيلاً كما في حمض الأكساليك والسكسينيك فإنه يصعب التمييز بين المرحلتين في هذه الحالة ويعتبر التعادل وكأنه يتم على مرحلة واحدة .



(شكل ١٦) تعادل حمض ضعيف مع قاعدة ضعيفة.



(شكل ١٧) تعادل حمض الفوسفوريك مع هيدروكسيد الصوديوم

## ٦ - معادلة كربونات الصوديوم بحمض قوي :

تفاعل كربونات الصوديوم مع الأحماض القوية على مرحلتين كما يلي :



وعند نقطة التكافؤ في المرحلة الأولى ( ١ ) يكون  $\text{م} = \text{يد} = ٨,٣$  ولذا يمكن استخدام الفينولفثالين لتحديد هذه المرحلة. أما المرحلة الثانية ( ٢ ) حيث  $\text{م} = \text{يد} = ٣,٨$  فلا يمكن استخدام الفينولفثالين ويجب استخدام الميثيل البرتقالي .

## تجارب علمي تفاعلات التعادل

عند إجراء هذه التجارب يجب مراعاة الإرشادات التي سبق ذكرها في الباب التاسع :

### التجربة الأولى :

تعيين عيارية محلول حمض الهيدروكلوريك باستخدام محلول قياسي من كربونات الصوديوم (او.ع) .

### الأساس النظري :

تفاعل كربونات الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك طبقاً للمعادلة الآتية :



ولذلك فإنه لمعادلة كل كربونات يلزم وزنان مكافآن من الحمض . أي أن الوزن المكافئ

$$\text{الكربونات الصوديوم} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{٢} = ٥٣$$

وقد وجد أنه عند إضافة مكافئ واحد من حمض الهيدروكلوريك إلى كربونات الصوديوم فإن الكربونات تتحول إلى البيكربونات :



وعندئذ يتغير الرقم الهيدروجيني للمحلول من حوالي  $\text{م} = \text{يد} = ١١,٥$  (قلوي) إلى  $\text{م} = \text{يد} = ٨,٣$  (أقل قلوية) . فلو استخدم الفينولفثالين ، فإن لونه الأحمر يتغير إلى عديم اللون في نهاية هذه

للمرحلة ، وذلك لأن التغير في الرقم الهيدروجيني للمحلول أثناء هذه المعايرة يقع في نفس المدى الذي يتغير فيه لون الدليل ( ١٠ - ٨,٣ ) .

أما إذا أضيف مكافئ آخر من الحمض إلى المحلول فإن اليكربونات تتحول إلى كلوريد الصوديوم ويتصاعد ثاني أكسيد الكربون :



ويتغير حينئذ الرقم الهيدروجيني للمحلول من  $\text{pH} = ٨,٣$  إلى  $\text{pH} = ٣,٨$  وهو يطابق مدى الرقم الهيدروجيني للميثيل البرتقالي بحيث أنه عند استخدام الميثيل البرتقالي فإن لون الدليل يتغير من الأصفر إلى الأحمر الباهت في نهاية هذه المرحلة .

ويتبع ذلك أنه إذا استعمل الفينولفثالين كدليل فإن حجم الحمض المأخوذ يكافئ نصف الكربونات . أما إذا استعمل الميثيل البرتقالي كدليل فإن حجم الحمض يكافئ كل الكربونات . ونظراً لحساسية الفينولفثالين لثاني أكسيد الكربون فإنه يفضل استخدام الميثيل البرتقالي كدليل .

### المواد اللازمة :

محلول كربونات الصوديوم - محلول حمض الهيدروكلوريك مجهول العبارة :

### طريقة العمل :

١ - اتقل بالماصة ٢٥ مل من محلول كربونات الصوديوم إلى الدورق المخروطي ثم أضف قطرة أو قطرتين من دليل الميثيل البرتقالي إلى المحلول ( مع تجنب استخدام زيادة من الدليل ، حيث أن ذلك يعقد الحكم على نقطة التعادل بدقة ) .

٢ - أضف الحمض من السحاحة تدريجياً ، مع الرج المستمر ، وقرب نقطة التعادل ، أضف الحمض قطرة قطرة ، ويستدل على اقتراب نقطة التعادل من ملاحظة أن اللون الأحمر الذي يتكون حول قطرات الحمض المتساقطة من السحاحة ، لا يختفي بسرعة عند رج المحلول ، مثل ما كان يحدث في بدء عملية المعايرة ) .

استمر في إضافة الحمض ، حتى يتغير لون المحلول ، من الأصفر إلى الأحمر الباهت .

٣ - كرر التجربة مرتين أو ثلاثاً ، ودون النتائج في جدول ، ثم خذ متوسط القراءات مستبعداً القراءة التي تختلف كثيراً عن زميلتها .

٤ - أعد التجربة مستخدماً دليل الفينولفثالين ، الذي يتغير لونه عند نقطة التكافؤ من الأحمر إلى عديم اللون ، وقارن هذه النتيجة بنتيجة الميثيل البرتقالي .



## طريقة الحساب :

هناك طريقتان للحساب :

( ١ ) إذا فرض أن حجم HCl الذي استخدم لإتمام عملية التعادل ( في وجود الميثيل البرتقالي ) هو  $V_1$  وأن عياريته المجهولة هي  $N_1$  ، في حين أن  $V_2$  ،  $N_2$  هي حجم وعيارية الكربونات :

$$\therefore N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad \text{وبها} \quad N_1 = \frac{N_2 V_2}{V_1}$$

حيث أن قوة HCl بالجرام / لتر = عيارية  $\times$  الوزن المكافئ.

$$36,5 \times N_1 =$$



( ب ) ٥٣ جم من كربونات الصوديوم (الوزن المكافئ = ٣٦,٥ جم من HCl)

$\therefore$  ١٠٠٠ مل من محلول N كربونات الصوديوم  $\equiv$  ٣٦,٥ جم من HCl

$\therefore$  ١ مل من محلول N كربونات الصوديوم  $\equiv$  ٠,٠٣٦٥ جم من HCl

وبها ١ مل من محلول N ٠,١ كربونات الصوديوم  $\equiv$  ٠,٠٠٣٦٥ جم من HCl

حيث أن حجم من HCl قدره  $V_1$  مل قد تفاعل مع ٢٥ مل من محلول كربونات الصوديوم :

$\therefore V_1$  مل HCl يحتوي  $0,00365 \times 25$  جم من HCl

$\therefore$  ١ مل HCl يحتوي  $\frac{1000 \times 0,00365 \times 25}{V_1}$  جم من HCl

$\therefore$  قوة محلول HCl =  $\frac{1000 \times 0,00365 \times 25}{V_1}$  جم / لتر

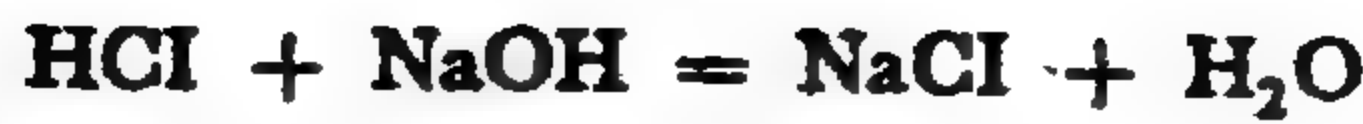
$\therefore$  العيارية Normality =  $\frac{1000 \times 0,00365 \times 25}{V_1 \times 36,5}$  N

## التجربة الثانية :

تعيين قوة وعيارية محلول هيدروكسيد الصوديوم باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك القياسي .

## الأساس النظري :

يتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الصوديوم طبقاً للمعادلة :



ومنها يتضح أن الوزن المكافئ لهيدروكسيد الصوديوم ، وحمض الهيدروكلوريك يساوي وزنها الجزيئي ، وحيث أن الحمض والقاعدة قويان فأى دليل يمكن استعماله في هذه الحالة ، كما سبق شرحه :

المواد اللازمة :

( أ ) محلول حمض الهيدروكلوريك القياسي .

( ب ) محلول هيدروكسيد الصوديوم مجهول العيارية .

### طريقة العمل :

- ١ - اقل بالماصة ٢٥ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى الدورق المخروطي ، ثم أضف قطرة أو قطرتين من دليل الميثيل البرتقالي ، ثم أضف الحمض من السحاحة حتى نقطة التعادل ( يتغير لون الليل من الأصفر إلى البرتقالي ) كرر التجربة مرتين ، دون النتائج في جدول .
- ٢ - أعد التجربة مستخدماً دليل الفينولفثالين وقارن النتائج .

### طريقة الحساب :

يمكن إجراء ذلك بطريقتين :

$$( أ ) \text{ باستخدام العلاقة } N_1 V_1 = N_2 V_2$$

ومنها قوة المحلول = عياريته  $\times 40$  ( الوزن المكافئ لهيدروكسيد الصوديوم )

( ب ) حيث أن  $\text{HCl} \equiv \text{NaOH}$

$$\therefore 1000 \text{ مل من محلول } \text{HCl } N \equiv 40 \text{ جم من NaOH}$$

$$\therefore 1 \text{ مل من محلول } \text{HCl } 0,1 N \equiv 4,00 \text{ جم من NaOH}$$

### التجربة الثالثة :

تعيين قوة وعيارية محلول هيدروكسيد الصوديوم بواسطة حمض الأكساليك  
تنبيه : حمض الأكساليك مادة سامة ، ويجب الاحتراس عند استعماله .

### الأساس النظري :

يتفاعل حمض الأكساليك مع هيدروكسيد الصوديوم طبقاً للمعادلة الآتية :



ومنها يتضح أن الوزن المكافئ لحمض الأكساليك .

$$\text{وزنه الجزيئي} = \frac{90}{2} = 45 = \text{لحمض اللامائي}$$

وإذا كان الحمض يحتوي على جزيئين من ماء التبخر فإن وزنه المكافئ .

$$= \frac{126}{2} = 63$$

والدليل المناسب في هذه التجربة هو دليل الفينولفثالين ، حيث أن حمض الأكساليك يعتبر حمضاً ضعيفاً .

الواد اللازمة :

( أ ) محلول حمض الأكساليك القياسي .

( ب ) محلول هيدروكسيد الصوديوم مجهول العيارية .

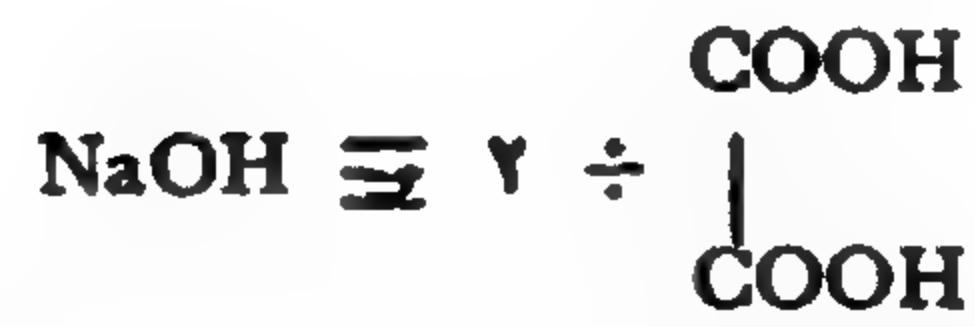
طريقة العمل :

١ - انقل ٢٥ مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى الدورق المخروطي ثم أضف قطرة من دليل الفينولفثالين ، ثم أضف الحمض من السحاحة حتى نقطة التعادل ( يصبح لون المحلول أحمر وردياً ) .

٢ - كرر التجربة مرتين أو ثلاثاً ، دون النتائج في جدول :

طريقة الحساب :

حيث أن :



١٠٠٠ مل من محلول N حمض الأكساليك  $\equiv$  ٤٠ جم من NaOH

١ مل من محلول N من حمض الأكساليك  $\equiv$  ٠,٠٠٤ جم من NaOH

ويمكن استخدام العلاقة  $N_1 V_1 = N_2 V_2$

التجربة الرابعة :

تعيين قوة وعيارية كل من كربونات الصوديوم ، وبيكربونات الصوديوم في مخلوط منهما ، باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك القياسي .

### الأساس النظري :

تعتمد طريقة تقدير قوة عيانية مكونات هذا المخلوط ، على أن حمض الهيدروكلوريك يتفاعل مع الكربونات على مرحلتين ( كما في التجربة الأولى ) والمرحلة الأولى تتحدد بوجود الفينولفتالين في مخلوط التفاعل ، وفيها يستخدم مكافئ واحد من الحمض ليحول الكربونات في المخلوط إلى البيكربونات .

أما في وجود دليل الميثيل البرتقالي ، فإن الكربونات في المخلوط تتفاعل تماماً ويلزمها مكافئ من الحمض .

أي أن حجم الحمض الذي تستهلكه الكربونات في وجود الميثيل البرتقالي هو ضعف الحجم الذي تستهلكه في وجود الفينولفتالين .

فإذا كان حجم الحمض الذي يتفاعل مع المخلوط في وجود الفينولفتالين هو  $V_1$  وحجمه الذي يتفاعل مع نفس الحجم من المخلوط في وجود الميثيل البرتقالي هو  $V_2$  فإن :  
حجم الحمض الذي يكافئ كل الكربونات في المخلوط هو  $2V_1$   
وحجم الحمض الذي يكافئ البيكربونات في المخلوط هو  $(V_2 - 2V_1)$

### المواد اللازمة :

مخلوط من كربونات الصوديوم وبيكربونات الصوديوم مجهول التركيز والقوة ، حمض الهيدروكلوريك ١ ن . ع (0,1N)

### طريقة العمل :

١ - انقل ١٠ سم<sup>٣</sup> من المخلوط إلى الدورق المخروطي ، وأضف قطرة أو قطرتين من دليل الفينولفتالين ثم عابر المخلوط بواسطة حمض الهيدروكلوريك حتى ينجثي اللون الأحمر من المحلول ، فيكون الحجم هو  $V_1$  مكافئاً لنصف الكربونات .

٢ - كرر التجربة مرتين .

٣ - خذ ١٠ سم<sup>٣</sup> أخرى من المخلوط ، وأضف دليل الميثيل البرتقالي ، ثم عايرها بواسطة حمض الهيدروكلوريك ، حتى يتحول اللون الأصفر إلى الأحمر الباهت ، فيكون هذا الحجم  $V_2$  مكافئاً لكل الكربونات والبيكربونات .

٤ - كرر التجربة مرتين .

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن تقدير كربونات الصوديوم والبيكربونات في مخلوطهما في خطوة

واحدة ، بأن يؤخذ ١٠ سم ٣ من المخلوط ، وتعاير بالحمض في وجود الفينولفثالين ويكون  $n_1$  هو الحجم الذي يكافئ نصف الكربونات ، ثم يضاف إلى المخلوط دليل الميثيل البرتقالي بعد إتمام هذه المرحلة وتكمل عملية المعايرة ، فيكون حجم الحمض  $n_2$  هو الحجم المكافئ لنصف الكربونات وكل البيكربونات ، وفي هذه الحالة يكون :

$$\begin{aligned} \text{وحجم الحمض الذي يكافئ البيكربونات هو } 2n_1 \\ \text{وحجم الحمض الذي يكافئ البيكربونات هو } n_2 - n_1 \end{aligned}$$

طريقة الحساب :



$$\therefore \text{HCl} = \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{2} \text{ أى أن مكافئ كربونات الصوديوم} = 53$$

$$\therefore 1 \text{ مل من محلول } \text{HCl } 0,1N = 0,0053 \text{ جم من } \text{Na}_2\text{CO}_3$$



$$\therefore \text{NaHCO}_3 = \text{HCl} \text{ أى أن مكافئ البيكربونات} = \text{وزنها الجزيئي} = 84$$

$$\therefore 1 \text{ مل من } \text{HCl } 0,1N = 0,0084 \text{ جم من بيكربونات الصوديوم ويمكن أيضاً}$$

$$\text{استخدام العلاقة } N_1V_1 = N_2V_2$$

التجربة الخامسة :

تقدير قوة وعيارية كل من كربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم في مخلوط منها باستخدام بعض حمض الهيدروكلوريك القياسي :

الأساس النظري :

١ - عند معايرة حجم معلوم من المخلوط بالحمض ( في وجود الفينولفثالين حتى يزول لونه الأحمر ) فإن الحمض يتفاعل مع كل أيدروكسيد الصوديوم (حمض قوى مع قاعدة قوية ولذلك يستخدم أى دليل) ، ولكن التفاعل هنا يحدث مع الكربونات حتى المرحلة الأولى فقط حينما تتحول إلى البيكربونات وبذلك فإن حجم الحمض المستخدم حينئذ  $V_1 =$  كل الهيدروكسيد +  $\frac{1}{2}$  الكربونات .

٢ - وعند معايرة كمية أخرى معلومة من نفس المخلوط بالحمض في وجود الميثيل البرتقالي ، فإن الحمض يتفاعل مع كل الأيدروكسيد + كل الكربونات وبذلك فإن حجم الحمض المستخدم  $V_2 =$  كل الهيدروكسيد + كل الكربونات .



١. حجم الحمض الذى يكافئ كل الكربونات هو  $2(V_2 - V_1)$   
 وحجم الحمض الذى يكافئ كل الهيدروكسيد هو  $V_2 - 2(V_2 - V_1)$   
 ومن الجدير بالذكر أنه يمكن إجراء هذه التجربة فى خطوة واحدة (باستخدام الميثيل البرتقالى) كدليل ، بعد أن يصبح الفينولفثالين عديم اللون ، ثم تستمر المعايرة حتى يتغير اللون من الأصفر إلى البرتقالى :

٢. حجم الحمض (مع الميثيل البرتقالى) = النصف الثانى من الكربونات وبذلك يمكن استنتاج أحجام الحمض التى تكافئ كل الكربونات ، وكل الهيدروكسيد .

#### المواد اللازمة :

محلول حمض الهيدروكلوريك القياسى (0.1N) مخلوط من كربونات وهيدروكسيد الصوديوم .

#### طريقة العمل :

- ١ - خذ بواسطة الماصة ٢٥ مل من المخلوط ، واقمله إلى دورق مخروطى نظيف ، ثم أضف نقطتين من الفينولفثالين ، فيصير لون المحلول أحمر وردياً .
- ٢ - أضف الحمض من السحاحة ، حتى يزول لون الفينولفثالين ، أضف نقطتين من الميثيل البرتقالى ، استمر فى إضافة الحمض حتى يتغير لون الدليل من الأصفر إلى البرتقالى .
- ٣ - كرر التجربة مرتين أو ثلاثاً ، ودون النتائج فى جدول .

#### طريقة الحساب :



١ مل من محلول 0.1N من HCl = ٠.٠٠٥٣ جم من  $\text{Na}_2\text{CO}_3$



١ مل من 0.1N HCl = ٠.٠٠٤ جم من NaOH

ويمكن استخدام العلاقة  $N_1 V_1 = N_2 V_2$

#### التجربة السادسة :

تقدير النشادر فى أملاح الأمونيوم .

#### الأساس النظرى :

إذا سخن ملح أمونيوم مع هيدروكسيد الصوديوم (أو أى قاعدة أخرى) يتصاعد غاز النشادر طبقاً للمعادلة :



ولتقدير النشادر مباشرة يمكن إمرار الغاز الناتج في حجم من محلول حمض الكبريتيك معلوم التركيز ، وتقدر الزيادة من الحمض بواسطة محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم وحيث يمكن تقدير كمية النشادر التي تفاعلت مع حمض الكبريتيك .

وبطريقة أخرى غير مباشرة يمكن تقدير النشادر ، وذلك بإضافة إلى حجم معلوم من الملح الأمونيوم ، حجم آخر معين من محلول قياسي لأيدروكسيد الصوديوم ( بشرط أن يكون أيدروكسيد المضاف أكثر من الكمية اللازمة لإتمام التفاعل مع الملح ) ، ثم بعد ذلك يغلى المحلول حتى يتم التفاعل وينقطع خروج غاز النشادر ثم بعد ذلك يعاير المتبقى من أيدروكسيد الصوديوم بمحلول قياسي لحمض .

### المواد اللازمة :

- ( أ ) محلول كلوريد الأمونيوم .
- ( ب ) محلول 0,1N لأيدروكسيد الصوديوم .
- ( ج ) محلول 0,1N لحمض الأيدروكلوريك .

### خطوات العمل :

- ١ - انقل ١٠ سم<sup>٣</sup> من محلول كلوريد الأمونيوم إلى الدورق المخروطي .
- ٢ - أضف إليها ١٠ سم<sup>٣</sup> من محلول أيدروكسيد الصوديوم ، وضع قمعاً على فوهة الدورق المخروطي ، حتى يمنع تناثر قطرات من المحلول عند غليانه .
- ٣ - أغل المحلول حتى ينقطع تماماً تصاعد غاز النشادر ، ويستدل على ذلك بتعريض ورقة مبللة بمحلول نترات الزئبقوز إلى الأبخرة المتصاعدة . فإذا لم تسود الورقة كان ذلك دليلاً على أن خروج النشادر قد انقطع ، ويمكن أيضاً إجراء هذا الاختبار باستخدام ساق مبللة بمحلول حمض الأيدروكلوريك المركز الذي يكون أبخرة بيضاء مع النشادر .
- ٤ - برد المحلول ، ثم أضف قطرة أو قطرتين من دليل الميثيل البرتقالي ، وعابر المتبقى من أيدروكسيد الصوديوم مع محلول 0,1N لحمض الأيدروكلوريك .

### طريقة الحساب :

إذا فرض أن حجم محلول حمض الأيدروكلوريك 0,1N الذي استخدم في عملية المعايرة =

V ، و حيث أن عيارية محلول أيدروكسيد الصوديوم = عيارية حمض الأيدروكلوريك .  
فإن حجم أيدروكسيد الصوديوم المتفاعل مع الملح الأمونيوم (V - 20) سم<sup>3</sup> (أما في  
حالة اختلاف عياريتي الحمض والقاعدة فيمكن استعمال العلاقة  $NV = N_1V_1$  حتى يمكن  
تحديد حجم محلول HCl الذي يمكن أن يستعمل لو كانت عياريته تساوي عيارية محلول أيدروكسيد  
الصوديوم ) ، وبما أن :



... ١٠٠٠ سم<sup>3</sup> من محلول N لأيدروكسيد الصوديوم  $\equiv$  ١٧ جم من غاز النشادر  
... ١ سم<sup>3</sup> من محلول 0,1N لأيدروكسيد الصوديوم  $\equiv$  ٠,٠٠١٧ جم من غاز النشادر  
... (20 - v) سم<sup>3</sup> من محلول 0,1N لأيدروكسيد الصوديوم  $\equiv$  ٠,٠٠١٧ (v - 20) جم من غاز النشادر .

... مقدار غاز النشادر في محلول كلوريد الأمونيوم .

$$\frac{1000 \times (v - 20) \cdot 0,0017}{10} \text{ حجم/لتر}$$

ملحوظة : يمكن كذلك استخدام العلاقة  $NV = N_1V_1$

التجربة السابعة :

تحليل عينة من حمض الفوسفوريك التجاري

الأساس النظري :

حمض الفوسفوريك حمض ثلاثي اتقاعدية يتفكك في محلوله للمائي على ثلاث مراحل :



ومن قيمة ثابت التفكك لهذه المراحل الثلاث يتضح أن الفرق بين  $K_1$  وكل من  $K_2$  ،  $K_3$  كبيراً جداً .

$$\left( \frac{K_1}{K_2} \text{ أو } \frac{K_2}{K_3} \text{ أكثر من } 1000 \right)$$

وعلى ذلك فإن الحمض يمكن أن يسلك وكأنه مخلوط من أحماض أحادية القاعدية ثابت  
تأينها كما هو موضح من قبل . وعلى هذا الأساس تم عملية التعادل في هذه الحالة على ثلاث

مراحل أيضاً لكل منها نقطة تكافؤ . وتتميز كل نقطة تكافؤ بمدى من الرقم الهيدروجيني كما يلي :  
الرقم الهيدروجيني عند نقطة التكافؤ الأولى هو  $\text{pH} = 4,6$  يد  $\text{pH} = 4,6$  وبذلك يمكن استخدام الميثيل البرتقالي كدليل .

أما الرقم الهيدروجيني عند نقطة التكافؤ الثانية هو  $\text{pH} = 9,7$  يد  $\text{pH} = 9,7$  ودو يقع في مدى الرقم الهيدروجيني لدليل الفينولفثالين .

أما بالنسبة للمرحلة الثالثة حيث الرقم الهيدروجيني  $\text{pH} = 12,6$  فإنه لا يوجد دليل مناسب . ولكن إذا أجريت عملية المعايرة حتى المرحلة الثانية ثم أضيف محلول كلوريد الكالسيوم لترسيب أيون الفوسفات ( الثلاثي التكافؤ ) عقب تكوينه فإنه يمكن معايرة حمض الفوسفوريك كحمض ثلاثي القاعدية باستخدام دليل الفينولفثالين :

### المواد اللازمة :

محلول ٠,١ ع من هيدروكسيد الصوديوم — عينة من حمض الفوسفوريك التجاري :

### طريقة العمل :

- ١ — زن حوالي ٢ جم من حمض الفوسفوريك التجاري بالضبط في وعاء صغير ذو غطاء .
- ٢ — أثقله إلى دورق محدد السعة ( ٢٥٠ مل ) ثقلاً كيميائياً . بواسطة الماء المقطر . ثم أكمل إلى العلامة بالماء المقطر . رج برفق حتى يمتزج المحلول مزجاً تاماً .
- ٣ — أثقل ٢٥ مل من المحلول إلى الدورق المخروطي ثم عاير باستخدام محلول ٠,١ ع من هيدروكسيد الصوديوم في وجود دليل الميثيل البرتقالي .
- ٤ — كرر التجربة عدة مرات ودون النتائج في جدول . مع ملاحظة أن كمية القاعدة ( x مل ) التي استهلكت في هذه الحالة تكافئ  $\frac{1}{3}$  الحمض ، وعلى ذلك فإن كمية القاعدة التي تكافئ الحمض كله  $= 3x$  مل .
- ٥ — في تجربة أخرى عاير ٢٥ مل من محلول حمض الفوسفوريك باستخدام دليل الفينولفثالين مع ملاحظة أن كمية القاعدة التي استهلكت في هذه الحالة  $y$  مل تكافئ  $\frac{2}{3}$  الحمض وعلى ذلك فإن كمية القاعدة التي تكافئ الحمض كله  $= x \frac{3}{2}$  مل .

### طريقة الحساب :

$$\text{الوزن المكافئ لحمض الفوسفوريك} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{3} = 49$$

يمكن باستخدام العلاقة  $N_1 V_1 = N_2 V_2$  حساب عيارية محلول حمض الفوسفوريك :  
حيث  $V_1$  حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم المكافئ للحمض كله .

$N_1$  عيارية محلول هيدروكسيد الصوديوم ٠,١ ع (0,1N) :

$V_2$  حجم محلول حمض الفوسفوريك (٢٥ مل) .

$N_2$  عيارية محلول حمض الفوسفوريك .

∴ قوة محلول حمض الفوسفوريك  $= N_2 \times \text{الوزن المكافئ لحمض الفوسفوريك} = M$

جم / لتر

أى أن اللتر من محلول حمض الفوسفوريك يحتوى على  $M$  جم

∴ ٢٥ مل من محلول حمض الفوسفوريك يحتوى على  $\frac{M}{4}$  جم .

ومن ذلك فإن :

النسبة المئوية لحمض الفوسفوريك التجارى

$$100 \times \frac{1}{\text{وزن العينة}} \times \frac{M}{4} =$$

التجربة الثامنة :

تحليل عينة من البوراكس التجارى وتعيين كمية حمض البوريك .

الأساس النظرى :

يتفاعل البوراكس  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  مع حمض الهيدروكلوريك وتكون حمض البوريك  
وكلوريد الصوديوم طبقاً للمعادلة :



وعلى ذلك فإن الوزن المكافئ للبوراكس =  $\frac{\text{الوزن الجزيئى}}{2}$

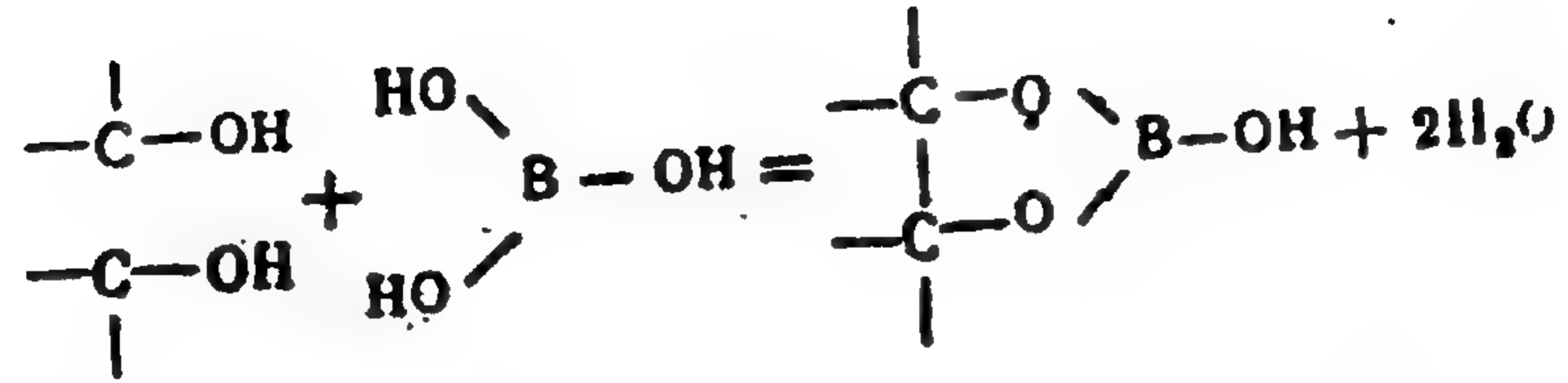
$$100,65 = \frac{201,30}{2} = \frac{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7}{2} =$$

ويقع التغير فى الرقم الهيدروجينى فى هذه الحالة فى مدى الرقم الهيدروجينى للميثيل البرتقالى  
ولذا فإنه يمكن استخدامه كدليل :

أما حمض البوريك  $\text{H}_3\text{BO}_3$  فهو حمض ضعيف أحادى القاعدية ( ثابت التفكك  $= 5,8 \times 10^{-10}$  )



١٠-١٠) ولهذا لا يمكن معايرته بدقة مع محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم . ولكن قد وجد أنه في وجود بعض المركبات العضوية : مثيلة الهيدروكسيل مثل الجليسيرول أو المانيتول أو الجلوكوز فإن حمض البوريك يتحد مع هذه المركبات لتكوين مركبات تتصرف كأحماض قوية نسبياً ، أحادية للقاعدة طبقاً للمعادلة :



وعلى ذلك يمكن معايرتها مع محاليل القواعد باستخدام الفينولفثالين . علماً بأن الوزن المكافئ لحمض البوريك ( أحادي القاعدة ) يساوى الوزن الجزيئى أى ٦١,٨٤ . ويمكن استخدام الجليسيرول الناتج جداً والمتعادل وإن كان يفضل استخدام المانيتول . وعادة ما يضاف ١ جم لكل ١٠ مل من محلول حمض البوريك .

وللتمرين يعاير محلول البوراكس مع محلول حمض الهيدروكلوريك القياسى باستخدام الميثيل البرتقالى . أما حمض البوريك المنطلق فيمكن معايرته مع محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم في وجود المانيتول باستخدام الفينولفثالين ويجب في هذه الحالة التخلص من حمض الكربونيك حيث أنه يؤدي إلى ارتفاع نقطة التكافؤ .

### المواد اللازمة :

عينة من البوراكس التجارى - محلول ٠,١ ع من حمض الهيدروكلوريك - ما نيتول - محلول ٠,١ ع من هيدروكسيد الصوديوم الخالى من الكربونات .

### طريقة العمل :

١ - زن حوالى ٤ جم من عينة البوراكس التجارى بالضبط ثم أذبها في الماء المقطر الساخن انقل المحلول بعد تبريده تقلا كميّاً إلى دورق ذات سعة محدودة ( ٢٥٠ مل ) ثم أكمل العلامة بالماء المقطر ورج المحلول .

٢ - انقل ٢٥ مل من محلول البوراكس إلى الدورق المخروطى وعابر مع محلول حمض الهيدروكلوريك القياسى ( ٠,١ ع ) باستخدام دليل الميثيل البرتقالى .

٣ - كرر الخطوة السابقة عدة مرات ، دون النتائج في جدول .

٤ - خذ ٢٥ مل من محلول البوراكس وأضف إليها كمية من محلول حمض الهيدروكلوريك

مساوية للكمية المستخلصة في الخطوة السابقة ، ثم غطى الدورق المخروطى بزجاجة ساعة وسخن برفق لمدة ١٠ دقائق (دون الغليان) وذلك لطرد ثانى أكسيد الكربون ، هذا مع ملاحظة أن الغليان الشديد قد يؤدي إلى فقدان حمض البوريك لتطايره مع الماء . برد المحلول ثم أضف ٢ جم من المانيتول ورج حتى يذوب . أضف بضع قطرات من الفينولفثالين ثم عابر المحلول مع محلول هيدروكسيد الصوديوم (٠,١ ع) حتى ظهور لون وردى باهت . أضف ١ جم من المانيتول وفي حالة زوال اللون أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم من السحاحة حتى ظهور اللون الوردى : أعد هذه العملية حتى لا يظهر أى تأثير للمانيتول المضاف على اللون .  
 هـ - كرر الخطوة السابقة عدة مرات ، ودون النتائج في جدول .

### طريقة الحساب :

يمكن حساب النسبة المئوية للبوراكس في العينة التجارية كما يلي :



ومنها يمكن حساب تركيز محلول البوراكس ( لنفرض أنها M جم / لتر )

$$\therefore \text{ النسبة المئوية للبوراكس في العينة } = \frac{M}{4} \times \frac{1}{\text{وزن العينة}} \times \frac{200}{100}$$

### تجارب أخرى يمكن إجراؤها :

- ١ - تحليل عينة من حمض الخليك التجارى .
- ٢ - تحليل عينة من حمض الكبريتيك التجارى .
- ٣ - تحليل عينة من حمض الهيدروكلوريك التجارى .

# الباب الحادى عشر

## تفاعلات التأكسد والاختزال

### Oxidation-Reduction Reactions

ذكرنا من قبل أن تفاعلات الأكسدة والاختزال (Redox reactions) هي تلك التفاعلات التي يصحبها تغير في عدد التأكسد أو بعبارة أخرى انتقال الإلكترونات بين المواد المتفاعلة . ومن الممكن الحكم على تكافؤ المواد الداخلة في هذه التفاعلات بطرق مختلفة ؛ نذكر منها الآتى :

أولا : الوزن المكافئ لعامل مؤكسد أو مختزل هو ذلك الوزن من المادة الذي يتفاعل مع أو يحتوى على الوزن المكافئ من الأيلروجين الفعال ( ١.٠٠٨ وحدة وزنية ) الذى يمكن استغلاله في عملية الاختزال ، أو على الوزن المكافئ من الأكسجين الفعال (Available) ( ٨ وحدات وزنية ) ، والذي يمكن استغلاله في عملية التأكسد .

ومن المعادلة الافتراضية لتحلل المادة يمكن معرفة الوزن المكافئ للمادة . فمثلا بيرمنجنات البوتاسيوم في وسط حمضى نجد أن ٢ جرام جزئى منها تعطى خمس ذرات من الأكسجين الفعال (أو ١٠ مكافئات) ، والتي يمكن أن يستغلها العامل المختزل .



$$\frac{\text{KMnO}_4}{5} = \frac{2\text{KMnO}_4}{2 \times 5} = \text{الوزن المكافئ للبرمنجنات}$$

وبالنسبة لثنائى كرومات البوتاسيوم حيث المعادلة الافتراضية لها كما يلي :



$$\frac{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{6} = \frac{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{3 \times 2} = \text{الوزن المكافئ للبيكرومات}$$

وفي حالة فوق أكسيد الأيلروجين :



$$\frac{\text{H}_2\text{O}_2}{2} = \frac{\text{H}_2\text{O}_2}{1 \times 2} = \text{الوزن المكافئ لفوق أكسيد الأيلروجين}$$

ثانياً : وفي عمليات الأكسدة والاختزال ، يجب أن يؤخذ في الاعتبار الحالات الآتية :  
 ( أ ) عدد الإلكترونات المتداولة في التفاعلات الأيونية الجزيئية التي تمثل المعادلة .  
 ( ب ) التغير في عدد التأكسد بالنسبة لعنصر معين سواء كان مختزلاً أو مؤكسداً .  
 وفي تجارب التحليل الكمي يهتما فقط التفاعلات التي تتم في المحاليل أي التفاعلات الأيونية :  
 ولذلك سنقتصر على تفاعلات الأكسدة والاختزال في المحاليل المائية ، ويمكن حينئذ التعبير  
 عن أكسدة كلوريد الحديدوز بواسطة الكلور كما يلي :



والتفاعلات الأيونية كما يلي :



حيث يتحول أيون الحديدوز  $\text{Fe}^{++}$  إلى الحديدك  $\text{Fe}^{+++}$  ( عملية أكسدة ) ونحول  
 جزئ الكلور المتعادل إلى أيونات الكلور السالبة  $\text{Cl}^-$  ( عملية اختزال ) . وطبقاً للتركيب الإلكتروني  
 للمادة . فإن تحول الأيون  $\text{Fe}^{++}$  إلى  $\text{Fe}^{+++}$  يتبعه فقد لإلكترون واحد ، وعملية تحول  
 جزئ الكلور المتعادل إلى أيونات حدثت نتيجة لاكتسابه إلكترونين .  
 وبذلك فإن تفاعل التأكسد هو عملية يتبعها فقد للإلكترونات .



وتفاعل الاختزال هو عبارة عن عملية تنتج عن اكتساب للإلكترونات :



وفي عملية الأكسدة والاختزال الحقيقية تنتقل الإلكترونات من المادة المؤكسدة إلى المختزلة ،  
 وبالتالي يمكن تعريف كل من عمليات الأكسدة ، والاختزال ، والعامل المؤكسد ، والعامل  
 المختزل .

### عملية الأكسدة :

هي العملية التي تفقد فيها الذرة أو الأيون إلكترونات واحداً أو أكثر .

### عملية الاختزال :

هي العملية التي يكتسب فيها الذرة أو الأيون إلكترونات واحداً أو أكثر .

### العامل المؤكسد : (Reductant)

هو ذلك العامل الذي يكتسب إلكترونات ويختزل تبعاً لذلك إلى حالة من حالات  
 التكافؤ العليا .

### العامل المختزل : (Oxidant)

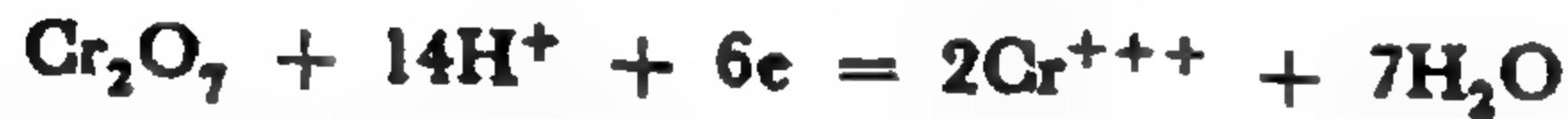
هو ذلك العامل الذى يفقد إلكترونات متحولاً إلى حالة أعلى من حالات التكافؤ .  
 وفي جميع تفاعلات الأكسدة والاختزال لا يمكن لعملية (أكسدة) أن تحدث دون الأخرى  
 (اختزال) ، وإذا علمنا التغير في عدد الإلكترونات لكل أيون في عملية الأكسدة والاختزال ،  
 يمكن حساب الوزن المكافئ ، وعلى ذلك فإن :

### الوزن المكافئ لعامل مؤكسد أو مختزل :

هو عبارة عن الوزن الجزيئي مقسوماً على عدد الإلكترونات التي يكتسبها أو يفقدها جزيء  
 واحد من تلك المادة أثناء التفاعل .  
 فمثلاً أيون البرمنجنات ، والكرومات ، والحديدوز والأكسالات يمكن توضيح معادلاتها  
 الجزيئية الأيونية كما يلي :



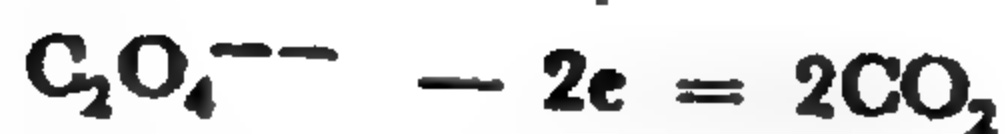
$$\frac{\text{KMnO}_4}{5} = \frac{\text{MnO}_4^-}{5} =: \text{البرمنجنات المكافئ}$$



$$\frac{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{6} = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_7^{--}}{6} =: \text{الكرومات المكافئ}$$



$$\frac{\text{FeSO}_4}{1} = \frac{\text{Fe}^{++}}{1} =: \text{الحديدوز المكافئ}$$



$$\frac{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}{2} = \frac{\text{C}_2\text{O}_4^{--}}{2} =: \text{الأكسالات المكافئ}$$

(ب) والطريقة الثانية ذات أهمية في حساب الوزن المكافئ لمادة هو عدد التأكسد

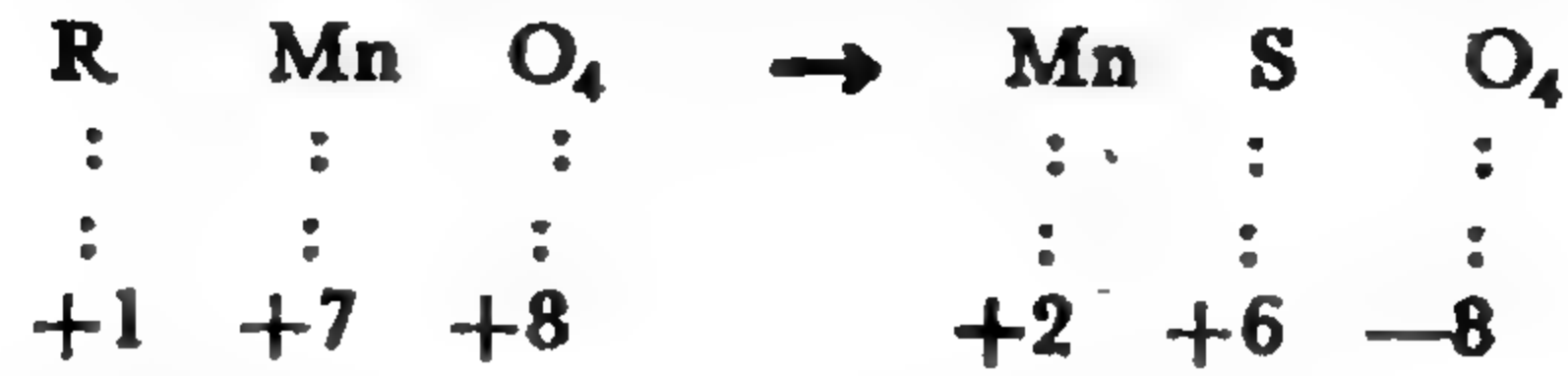
(Oxidation number)

مبادئ الكيمياء العملية



### والوزن المكافئ لعامل مؤكسد :

يمكن تحديده بمقدار التغير في عدد التأكسد والذي يتطلبه العامل المختزل ، أو هو عبارة عن مقدار العامل المؤكسد الذي يعتريه وحدة التغيرات في عدد التأكسد ، فمثلا عند اختزال البرمنجنات في وجود حمض الكبريتيك المخفف إلى ملح المنجنوز فإن أيون البرمنجنات  $\text{MnO}_4^{--}$

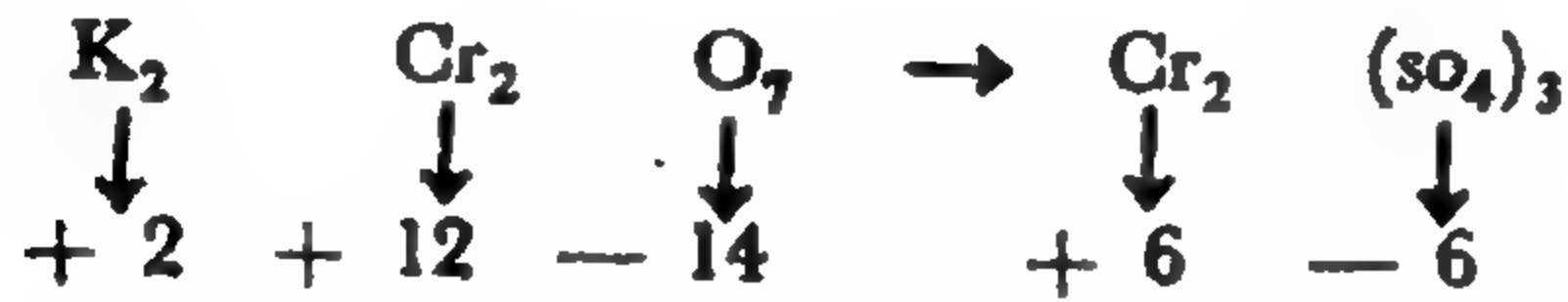


وفيه المنجنيز سباعي التكافؤ ، قد اختزل إلى أيون  $\text{Mn}^{++}$  الثنائي التكافؤ أى أن التغير في عدد تأكسد المنجنيز حدث من (٧ -) إلى (٢ +) :

$$\therefore \text{التغير في تكافؤ} = 7 - 2 = 5$$

$$\text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{وزنها الجزيئي}}{5}$$

وأيون البيكرومات  $\text{Cr}_2\text{O}_7$  وفيه الكروم سداسي التكافؤ ، يختزل في الوسط الحمضي إلى أيون  $\text{Cr}^{+++}$  الثلاثي التكافؤ :



أى أن التغير في عدد التأكسد لذرتين من الكروم قد حدث من (١٢ +) إلى (٦ +) أى بمقدار ٦ وحدات من وحدات الاختزال (جزء البيكرومات يحتوى على ذرتين كروم) :

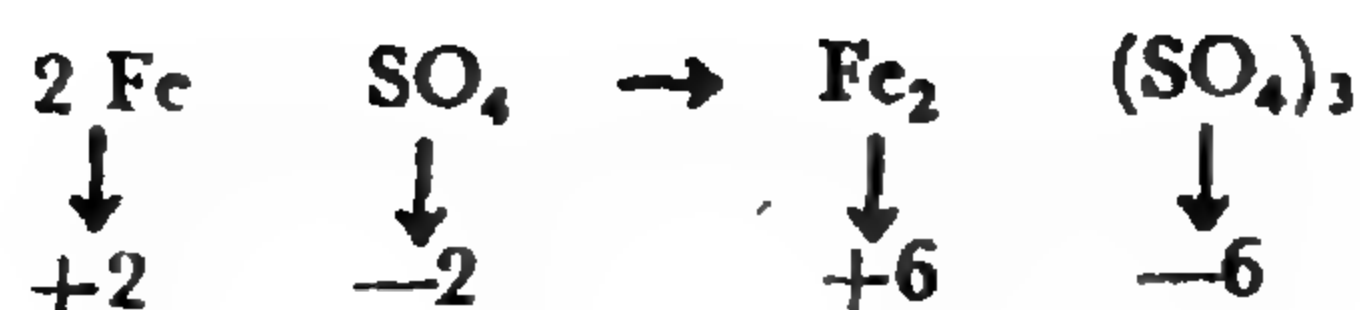
$$\therefore \text{التغير في التكافؤ بالنسبة للذرة الواحدة} = 6 - 3 = 3$$

$$\therefore \text{الوزن المكافئ لبيكرومات البوتاسيوم}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{وزنها الجزيئي}}{\text{التغير في تكافؤ ذرات الكروم التي يحتويها الجزيء}} \\ &= \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{6} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{3 \times 2} \end{aligned}$$

وبذلك فإنه لكي يمكن إيجاد الوزن المكافئ لعامل مؤكسد يقسم الوزن الجزيئي له على التغير في رقم التأكسد الذي يعترى أى عنصر في الجزيء الواحد :

وبالمثل فإن الوزن المكافئ لعامل مختزل يمكن تحديده بالتغير في عدد التأكسد الذي يعتريه العامل المؤكسد ، فعند تحول كبريتات الحديدوز إلى كبريتات الحديدك :



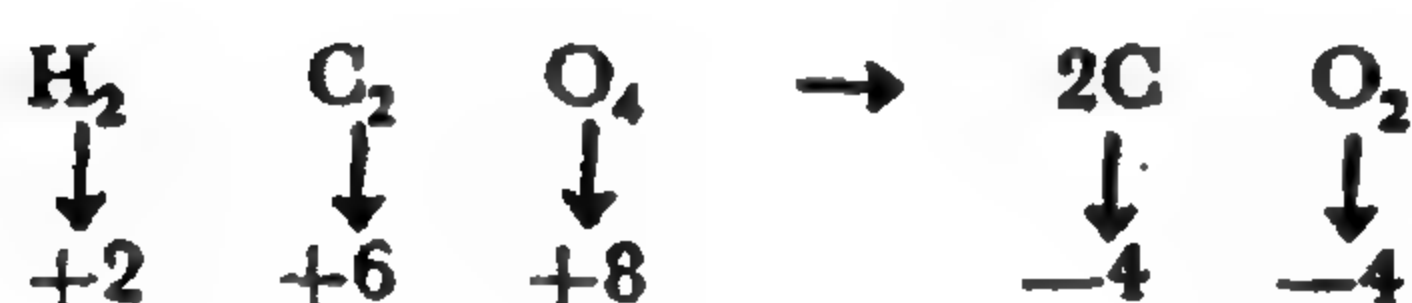
∴ التغير في عدد التأكسد لذرة الحديد هو من (+ ٢) إلى (+ ٣) أى بمقدار وحدة واحدة من وحدات الأكسدة ، وبذلك فإن الوزن المكافئ لكبريتات الحديدوز

$$= \frac{\text{وزنها الجزيئي}}{١}$$

وبالمثل عند تأكسد كلوريد القصديروز إلى كلوريد القصديريك يزداد تكافؤ القصدير

$$\text{من } ٢ \text{ إلى } ٤ \text{ ويكون الوزن المكافئ لكلوريد القصديروز} = \frac{\text{وزنه الجزيئي}}{٢}$$

وعند أكسدة حمض الأكساليك إلى ثاني أكسيد الكربون والماء يكون



التغير في عدد التأكسد لذرتين من الكربون هو من (+ ٦) إلى (+ ٨) أى بمقدار وحدتين من وحدات التأكسد ∴

$$\therefore \text{الوزن المكافئ لحمض الأكساليك} = \frac{\text{وزنه الجزيئي}}{٢}$$

وبصفة عامة يمكن القول بأن الوزن المكافئ للعنصر يشترك في تفاعل الأكسدة والاختزال هو عبارة عن وزنه الذري مقسوماً على التغير في عدد التأكسد ، وعندما يعبر ذرة ما جزئياً متراكب *Complex molecule* تغير في عدد التأكسد فإن الوزن المكافئ للمادة هو عبارة عن وزنها الجزيئي مقسوماً على التغير في عدد التأكسد للعنصر المؤكسد أو المختزل ، وإذا وجدت أكثر من ذرة للعنصر المتفاعل يقسم الوزن الجزيئي على مجموع التغير في عدد التأكسد .

### الدلائل المستخدمة لتحديد نقطة التكافؤ في تفاعلات الأكسدة والاختزال :

تعمل برمنجنات البوتاسيوم كدليل ذاتي ، فلونها يتفجى ، وعند اختزالها تصبح عديمة اللون ، ولكن في حالة الأكسدة بالبيكرومات توجد طريقتان للكشف عن نقطة التكافؤ .

طريقة الدليل الخارجى External indicator method

طريقة الدليل الداخلى Internal indicator method

### الدليل الذاتي : Self indicator

قد تعمل المادة المتفاعلة نفسها كدليل ، فتقطة واحدة من محلول 0,1N من برمنجنات البوتاسيوم ، تحدث تغيراً ملحوظاً لمئات الميليترات من المحلول حتى في وجود أيونات أخرى ملونة مثل أيونات الحديدك ، وكذلك الحال بالنسبة لمحاليل اليود .

### الدليل الداخلى :

ويسمى بدليل التأكسد والاختزال oxidation reduction indicator ويختلف لونه في الوسط المؤكسد عنه في الوسط المختزل . ومن أمثلة ذلك هو ثنائى الفينيل أمين Diphenylamine ، ويمكن الحصول عليه بتحضير محلول ١ ٪ من ثنائى فينيل أمين في حمض الكبريتيك المركز . ويستخدم عند معايرة محاليل الحديدوز مع محلول بيكرومات البوتاسيوم ، وفي هذه الحالة يضاف دائماً حمض الفوسفوريك ، وذلك لأن حمض الفوسفوريك يكون مع أيونات الحديدك الناتجة عن التأكسد مركباً Complex Compound . وبذلك يبعدها عن محيط التفاعل ، مما يساعد على أكسدة أيونات الحديدوز كلية إلى أيونات الحديدك . ويلاحظ أن الدليل يعطى لوناً أخضر مع أملاح الحديدوز ، وقبل نقطة التكافؤ بقليل يغم اللون إلى أخضر مائل للزرقة ثم يكون لوناً أزرق بنفسجى زاهى بتأكسده إلى diphenylbenzidine-violet وهذا اللون لا يتأثر سواء بالرج أو بإضافة زيادة من بيكربونات البوتاسيوم .

### الدليل الخارجى :

أصبح استخدامه محدوداً نتيجة لاكتشاف طريقة الدليل الداخلى . وتستخدم هذه الطريقة في معايرة محاليل الحديدوز حيث يستعمل محلول ٠,١ ٪ من حديدى سيانيد البوتاسيوم كدليل خارجى وفيها . تؤخذ منه قطرات منفصلة بواسطة قضيب زجاجى على قطعة ورق بيضاء . وأثناء معايرة محلول الحديدوز المحمض بمحلول بيكرومات البوتاسيوم نأخذ قطرة من المحلول من آن لآخر بواسطة قضيب زجاجى . ونضع هذه القطرة بجوار قطرة الدليل . حتى تلامسها حيث يتكون لون أزرق عند تلامسهما . طالما أننا لم نصل إلى نقطة التكافؤ . وعند بلوغ نقطة التكافؤ لا يظهر أى لون نتيجة لأكسدة جميع أيونات الحديدوز إلى أيونات الحديدك .



Ferrous ferricyanide

“Turnbull's blue”

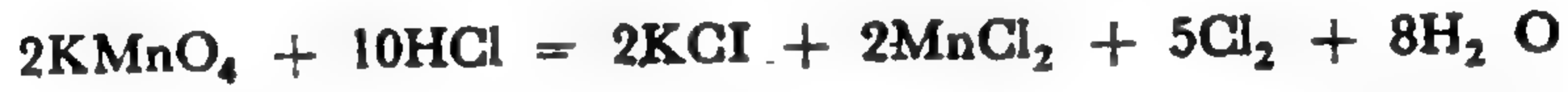
هذا وفي التجارب التي لا يصلح فيها أى دليل يمكن استخدام الطريقة المسماة  
"Potentiometric method"

### أولاً : التأكسد بواسطة برمنجنات البوتاسيوم

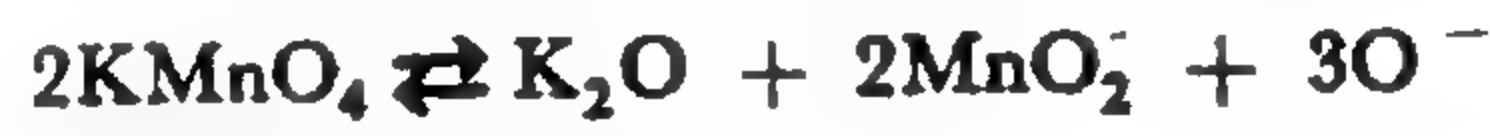
برمنجنات البوتاسيوم عامل مؤكسد قوى ، خصوصاً في الوسط الحمضي .



ويستخدم حمض الكبريتيك لأنه لا يتأثر ببرمنجنات البوتاسيوم ، ولا يمكن استخدام حمض  
الإيدروكلوريك لأنه يتأكسد بواسطة البرمنجنات إلى الكلور :



وفي الوسط القلوي القوي يختزل المنجنيز السباعي التكافؤ طبقاً للمعادلة :



وبذلك فإن الوزن المكافئ في الوسط القلوي =  $\frac{\text{الوزن الجزيئي} \times 2}{6} = \frac{1}{3}$  الوزن الجزيئي .

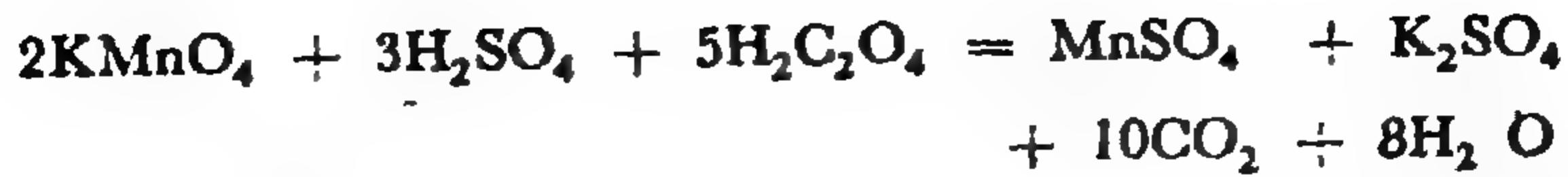
ونظراً لتكون أكسيد المنجنيز الأسود لا تكون نقطة التكافؤ واضحة جداً . وبرمنجنات  
البوتاسيوم ليست مادة قياسية أولية ، لأنه يصعب الحصول عليها في حالة نقية ، وتكون دائماً محتوية  
على ثاني أكسيد المنجنيز ، ولذلك فإنه بعد إذابة البرمنجنات ، ترشح لفصل ثاني أكسيد المنجنيز  
خلال الصوف الزجاجي أو sintered-glass filter ، ثم تعابر مع مادة قياسية أولية مثل حمض  
الأكساليك  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ، أكسالات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  أو كبريتات  
الحديدوز والأمونيوم  $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  أو أكسيد الزرنيخوز  $\text{As}_2\text{O}_3$   
ولتحضير محلول 0.1N تقريباً من برمنجنات البوتاسيوم تؤخذ حوالي ١,٦ جم منه : وتذاب في  
الماء ، ويعمل المحلول  $\frac{1}{4}$  لتر بالضبط ثم يرشح المحلول وتجرى عليه التجارب التالية :

### التجربة التاسعة :

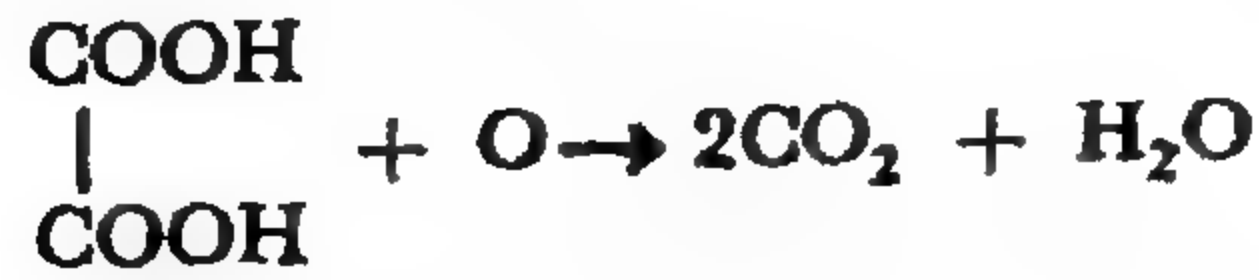
معايرة البرمنجنات مع حمض الأكساليك :

الأساس النظري :

تؤكسد برمنجنات البوتاسيوم حمض الأكساليك في وسط حمضي إلى ثاني أكسيد  
الكربون .



ويكون التفاعل تاماً عند درجة ٦٠ - ٩٠ °م ، ويتضح من المعادلات التالية



أى أن جزيء حمض الأكساليك يتفاعل مع ذرة من الأكسجين (١٦ جم) :

$$\therefore \text{الوزن المكافئ لحمض الأكساليك} = \frac{\text{وزنه الجزيئي}}{2}$$

المواد اللازمة :

محلول 0,1N من حمض الأكساليك (ب) محلول برمنجنات البوتاسيوم مجهول العيارية (ج) حمض كبريتيك مخفف .

خطوات العمل :

- ١ - انقل ١٠ مل من محلول حمض الأكساليك 0,1N إلى دورق مخروطي وأضف كمية مماثلة تقريباً من حمض الكبريتيك المخفف .
- ٢ - سخن المحلول إلى حوالي درجة ٦٠ - ٩٠ °م ، وأضف البرمنجنات ببطء من السحاحة : والمحلول ساخن حتى يبدأ ظهور اللون الوردي الفاتح .
- وإذا تكون راسب بني أثناء المعايرة ، فإن ذلك يرجع إلى إحدى العوامل التالية :
- ( أ ) أن درجة الحرارة قد تكون أقل من ٦٠ °م : ولذلك سخن دائماً حتى تظل درجة الحرارة = ٦٠ °م .

- ( ب ) أن إضافة البرمنجنات قد حدثت بسرعة .
- ( ج ) أن كمية حمض الكبريتيك غير كافية .
- ٣ - كرر التجربة ٣ مرات وخذ المتوسط .

الحساب :

تحتسب عيارية محلول برمنجنات البوتاسيوم :

حجم برمنجنات البوتاسيوم = ٧ سم<sup>٣</sup> .

الوزن المكافئ لحمض الأكساليك عند نقطة التعادل  $\equiv$  الوزن المكافئ للبرمنجنات .



٦٣.٠ جم من الأكساليك  $\equiv$  جم من برمنجنات البوتاسيوم

١ مل من حمض الأكساليك  $\equiv \frac{31.6}{1000}$  جم من برمنجنات البوتاسيوم

١٠ مل  $\times$  عيارية حمض الأكساليك  $= 0.316 \times 10 \times$  نفس العيارية  $= w$  جم برمنجنات البوتاسيوم .

قوة تركيز برمنجنات البوتاسيوم  $= \frac{1000 \cdot w}{V}$  جم / لتر

$=$  الوزن المكافئ  $\times$  عيارية البرمنجنات « N »

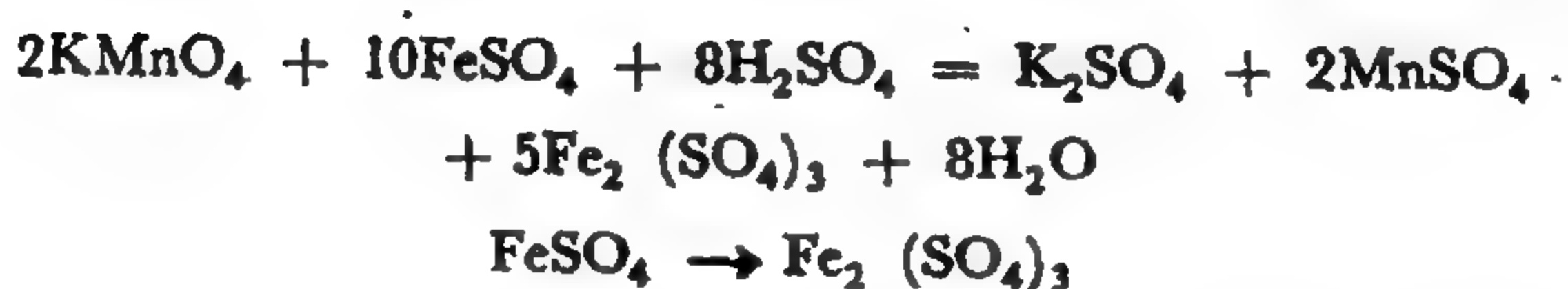
ومنها يمكن تعيين عيارية برمنجنات البوتاسيوم :

التجربة العاشرة :

معايرة البرمنجنات مع كبريتات الحديدوز والأمونيوم :

يمكن الحصول عليها نقية وهي تستخدم بدلا من كبريتات الحديدوز سهلة التأكسد وعديمة الثبات في محاليلها) .

الأساس النظري :



التغير في تكافؤ الحديد  $= 3 - 2 = 1$

الوزن المكافئ لكبريتات الحديدوز والأمونيوم

$$\frac{\text{الوزن الجزيئي}}{\text{التغير في التكافؤ} \times \text{عدد ذرات الحديد في الجزيء}} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{1 \times 1} = \text{الوزن الجزيئي}$$

المواد اللازمة :

( أ ) محلول برمنجنات البوتاسيوم مجهولة العيارية .

( ب ) محلول 0,1N كبريتات الحديدوز والأمونيوم :

( ح ) حمض الكبريتيك المخفف :

### خطوات العمل :

- ١ - انقل ١٠ مل من محلول كبريتات الحديدوز والأمونيوم إلى كأس مخروطي .
- ٢ - أضف ١٠ مل من حمض الكبريتيك ( دون استخدام الماصة ) .
- ٣ - أضف برمنجنات البوتاسيوم من السحاحة حتى يبدأ ظهور اللون الوردي ( لا يسخن المحلول في هذه الحالة ) .
- ٤ - كرر التجربة ٣ مرات وخذ المتوسط .

### طريقة الحساب :

تحتسب عبارية محلول برمنجنات البوتاسيوم مثل الطريقة السابقة :

١ مل محلول عيارى لكبريتات الحديدوز والأمونيوم  $\equiv \frac{31.6}{1000}$  جيم من برمنجنات البوتاسيوم .

### التجربة الحادية عشر :

#### تحليل مخلوط من حمض الأكساليك وأكسالات الصوديوم :

إذا أعطيت محلول 0,1N من برمنجنات البوتاسيوم ، ومحلولاً 0,1N من أيدروكسيد الصوديوم عين قوة كل من حمض الأكساليك وأكسالات الصوديوم في مخلوط منهما .

### الأساس النظرى :

تقدر كمية حمض الأكساليك باستخدام محلول أيدروكسيد الصوديوم ( التجربة الثالثة ) ثم تقدر كمية أيون الأكسالات بالمعايرة مع محلول برمنجنات البوتاسيوم .

### المواد اللازمة :

- ( أ ) محلول 0,1N برمنجنات البوتاسيوم ( ب ) محلول 0,1N من أيدروكسيد الصوديوم ( ج ) محلول من خليط حمض الأكساليك وأكسالات الصوديوم . ( د ) حمض الكبريتيك المخفف .

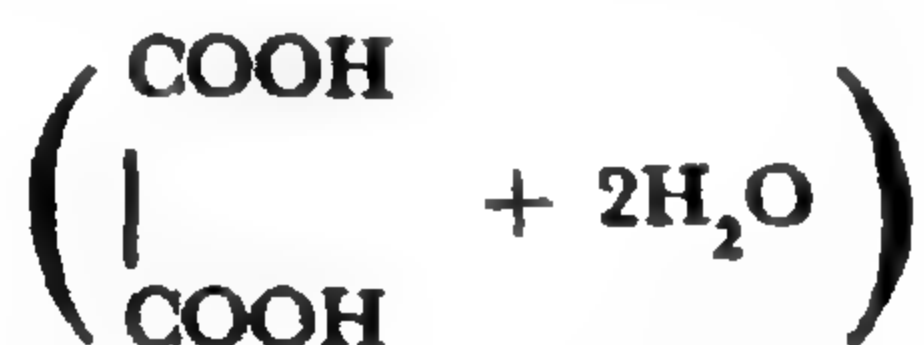
### خطوات العمل :

- ١ - انقل ١٠ مل من المخلوط إلى كأس مخروطي ، خفف بالماء المقطر ثم أضف قطرتين من الفينولفثالين ، ثم عاير مع محلول هيدروكسيد الصوديوم .

احسب تركيز حمض الأكساليك بالجرامات في اللتر .  
٢- اتقل ١٠ مل أخرى من المخلوط إلى كأس مخروطي ، ثم أضف كمية مساوية من حمض الكبريتيك المخفف ، سخن حتى درجة ٦٠ - ٩٠°م ، ثم عاير بواسطة محلول برمنجنات البوتاسيوم ، حتى يبدأ ظهور اللون الوردي الفاتح . ثم احسب قوة اكسالات الصوديوم في المخلوط :

### طريقة الحساب :

نفرض أن  $V_1$  مل محلول 0,1N إيدروكسيد الصوديوم قد استخدم في المعايرة الأولى ، وحيث أن عيارية البرمنجنات وإيدروكسيد الصوديوم واحدة :  
 $V_1$  مل محلول 0,1N إيدروكسيد الصوديوم  $\equiv V_1$  مل من محلول البرمنجنات 0,1N :  
 نفرض أن  $V_2$  مل من برمنجنات البوتاسيوم قد استخدم في المعايرة الثانية ليتفاعل مع حمض الأكساليك واكسالات الصوديوم .  
 $\therefore$  حجم البرمنجنات المكافئ لأكسالات الصوديوم فقط هو  $(V_2 - V_1)$  .  
 $\therefore$  ١ مل من محلول N لإيدروكسيد الصوديوم  $\equiv \frac{12}{1000}$  جم من حمض الأكساليك



١ مل من محلول N برمنجنات البوتاسيوم  $\equiv \frac{17}{1000}$  جم من اكسالات الصوديوم .

### ملحوظة :

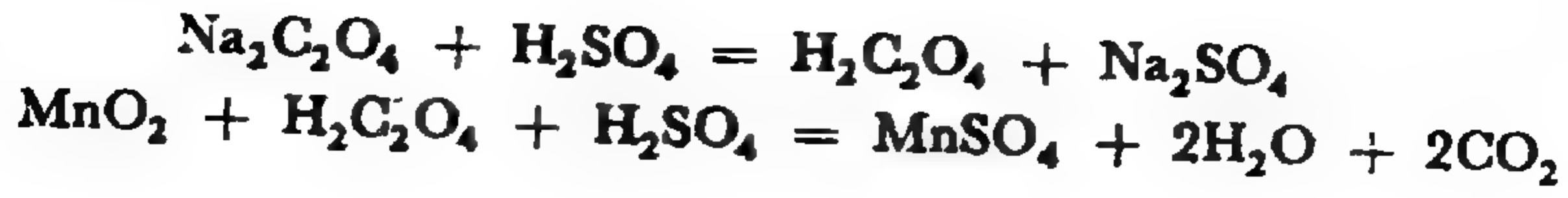
إذا كانت عيارية برمنجنات البوتاسيوم ، تختلف عن عيارية إيدروكسيد الصوديوم يجب حساب حجم الأيدروكسيد من العلاقة  $(N_1 V_1 = N_2 V_2)$  الذي يؤخذ لو كانت العياريتين متساويتين .

### التجربة الثانية عشر :

تحليل عينة من البيرولوزيت : (Pyrolozite)

### الأساس النظري :

تحتوي عينة البيرولوزيت على ثاني أكسيد المنجنيز ، والذي عند معاملته بكمية وافرة معلومة من محلول قياسي حمضي لمادة مختزلة مثل أكسالات الصوديوم ، فإنه يمكن معايرة الزيادة من هذه المادة الأخيرة باستخدام محلول قياسي لبرمنجنات البوتاسيوم ومعادلات التفاعل كما يلي :



### المواد اللازمة :

- ١ - عينة من البيروكسيت (٠,١ - ٠,٢٣ جم) (٢) محلول 0,1N لأكسالات الصوديوم
- (٣) محلول حمض كبريتيك 4N (٤) محلول 0,1N من برمنجنات البوتاسيوم .

### خطوات العمل :

- ١ - أزن بدقة حوالي ٠,١ - ٠,٢ جم من العينة وأنقلها تماماً إلى دورق مخروطي :
- ٢ - أضف بالضبط ٧٠ - ٨٠ مل من محلول قياسي لأكسالات الصوديوم بواسطة سحاحة :
- ٣ - أضف بعد ذلك حوالي ٣٠ مل من محلول حمض الكبريتيك 4N وضع على فوهة الدورق قمعاً صغيراً .
- ٤ - يغلى المحلول حتى يذوب كل الراسب ، وإذا لم يذوب أضف بالضبط حوالي ٢٥ مل من محلول الأكسالات وسخنه ثانية .
- ٥ - عاير الزيادة من الأكسالات الموجودة بالمحلول الساخن مع برمنجنات البوتاسيوم .
- ٦ - كرر العملية ٤ مرات .

### الحساب :

بفرض أن  $V$  هو الحجم الكلي للأكسالات المستخدم ،  $V_1$  وهو حجم الأكسالات الذي تفاعل مع حجم من البرمنجنات قدره  $V_2$  وكانت عيارية كل من الأكسالات والبرمنجنات هي  $N_1$  ،  $N_2$  على الترتيب ، فإنه من العلاقة .

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$V_1$$

يمكن حساب حجم أكسالات الصوديوم ( $V_1$ ) الذي تفاعل مع البرمنجنات ( $V - V_1$ ) = حجم الأكسالات الذي تفاعل مع العينة . ومنها .

مكافئ  $\text{MnO}_2$  وهو وزن ثاني أكسيد المنجنيز الذي يتفاعل مع ١ مل عياري من

أكسالات الصوديوم .

مكافئ  $\text{MnO}_2$  = وزن ثاني أكسيد المنجنيز الذي يتفاعل مع ١ مل عياريته

$N_1$  من أكسالات الصوديوم .

مكافئ  $\text{MnO}_2$   $\frac{1000}{\text{مكافئ } \text{MnO}_2} \times N \times (V - V_1) = \text{وزن ثاني أكسيد المنجنيز الذي تفاعل مع}$   
 $(V - V_1)$  مل من أمكالات الصوديوم وهو نفسه ثاني أكسيد المنجنيز (w) الموجود في العينة .

$$\therefore \text{نسبة ثاني أكسيد المنجنيز في العينة} = \frac{w}{\text{وزن العينة}} \times 100$$

### التجربة الثالثة عشر :

تقدير الحديد في عينة من شَب الحديد :

#### الأساس النظري :

يوجد الحديد في العينة على هيئة حديدك أو على هيئة مخلوط من الحديدوز والحديديك ،  
 ولذا يلزم اختزال الحديدك أولاً إلى الحديدوز وذلك إما بواسطة الأيدروجين حديث التولد عند  
 تفاعل الحارصين مع حمض الكبريتيك أو بواسطة كلوريد القصديروز  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ،  
 أو بواسطة  $\text{H}_2\text{S}$  أو حمض الكبريتوز. وباستخدام كلوريد القصديروز. فإن التفاعل يسرى بين  
 الأيونات كما يلي :



فعند إضافة محلول كلوريد القصديروز في حمض الأيدروكلوريك المركز قطرة قطرة يمكن  
 اختزال الحديدك إلى حديدوز والذي يقدر حيثث بمعايرة المحلول مع محلول قياسي من البرمنجنات ،  
 ولتلافى تفاعل الزيادة من كلوريد القصديروز مع محلول البرمنجنات يمكن إضافة محلول مركز  
 من كلوريد الزئبقك الذي يتفاعل معه طبقاً للمعادلة :



#### المواد اللازمة :

١ - عينة من الشَب الحديدى ٢ - محلول 0,1N من برمنجنات البوتاسيوم ٣ - حمض  
 أيدروكلوريك المركز ٤ - محلول ٣٪ من كلوريد القصديروز وهو يحضر من إذابة ٣٠ جم  
 من  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  في ٢٥٠ مل من حمض الأيدروكلوريك المركز بالتسخين ثم يندف المحلول  
 بالماء المقطر حتى يصبح الحجم تراً .

٤ - محلول ١٠٪ من كاوريد الزئبقك وهو يحضر بإذابة المادة الصلبة في الماء المغلى .

مبادئ الكيمياء العملية



### ٥ - محلول زيمرمان - رينهاردت Zimmermann-Reinhardt's Solution

وهو يخضر بإذابة ٥٠ جم من بلورات كبريتات المنجنيز في ٢٥٠ مل من الماء ، ثم يضاف محلول بارد من ١٠٠ مل لحمض الكبريتيك المركز و ٣٠٠ مل من الماء ثم بعد ذلك يضاف ١٠٠ مل من حمض افسفوريك .

وفائدة كبريتات المنجنيز أنها تقلل من جهد الأكسدة لبرمنجنات أى تجعلها عامل مؤكسد ضعيف ، وبذلك يتفاعل فقط مع أيونات الحديدوز ولا يتفاعل مع حمض الأيدروكلوريك : أو بعبارة أخرى فإن أيون المنجنيز يعمل كعامل حافز لإسراع عملية اختزال أيون البرمنجنات ، وكعامل مساعد سلبي في عملية أكسدة أيون الكلور :

ويتفاعل حمض الفسفوريك مع أيونات الحديديك الصفراء لتكوين أيونات متراكبة عديمة اللون ، وبذلك يساعد على اتجاه التفاعل إلى اليسار . كما بالمعادلة  $Fe^{+++} \rightleftharpoons Fe^{++}$  ، ويزيد القوة الاختزالية لأيون الحديدوز كما أنه يسهل عملية إدراك نقطة التكافؤ . وحمض الكبريتيك يحفظ تكافؤ كبريتات المنجنيز ثابتاً :

### خطوات العمل :

- ١ - زن حوالى ٨ - ٩ جم من الشب الحديدى ثم أذبها في كمية من الماء مع إضافة حوالى ١٠ - ١٥ مل من حمض الأيدروكلوريك المركز وسخن .
- ٢ - برد المحلول وانقله كله إلى دورق محدود السعة ( ٢٥٠ مل ) وأكمل المحلول حتى العلامة .
- ٣ - انقل ١٠ مل من المحلول إلى دورق مخروطى ، سخن حتى الغليان ، ثم أضف أثناء ذلك محلول كلوريد القصدير وز ٣ / نقطة نقطة حتى يختنى اللون الأصفر أو البنى .
- ٤ - أضف بعد ذلك نقطتين فقط من محلول كلوريد القصدير وز .
- ٥ - خفف بالماء ، ثم برد بسرعة تحت الصنبور ، وأضف عندئذ مع التقليب حوالى ٥ مل من محلول ١٠ / كلوريد الزئبقيك ولاحظ تكون راسب أبيض حريرى ( وليس رمادياً ) وإلا تعاد التجربة .

٦ - أضف ١٠ مل من محلول زيمرمان - رينهاردت .

ويتكون عند نقطة التكافؤ لون قرمضى ناتج لمدة ١٥ ثانية ، يزول بعد مدة .

## طريقة الحساب :



الوزن المكافئ للشب الحديدى =  $\frac{\text{الوزن الجزيئى}}{2}$

والوزن المكافئ للحديد = الوزن الذرى

إذا اعتبر أن  $N$  ،  $V$  هى حجم وعيانية محلول البرمنجنات ،  $N_1$  ،  $V_1$  هى حجم وعيانية محلول الشب الحديدى ، فإنه من العلاقة :

$$N_1 V_1 = N V$$

كمية الحديد الموجودة فى لتر من المحلول  $\times N_1$  وزنه المكافئ .

$$w \times \frac{N_1 \times \text{الوزن المكافئ للحديد}}{4} = \text{فى ١ لتر من المحلول}$$

$$\text{نسبة الحديد فى العينة} = \frac{w}{\text{وزن العينة}} \times 100$$

## التجربة الرابعة عشر :

## تحليل فوق أكسيد الأيدروجين :

## الأساس النظرى :

يتفاعل فوق أكسيد الأيدروجين مع برمنجنات البوتاسيوم طبقاً للمعادلة .



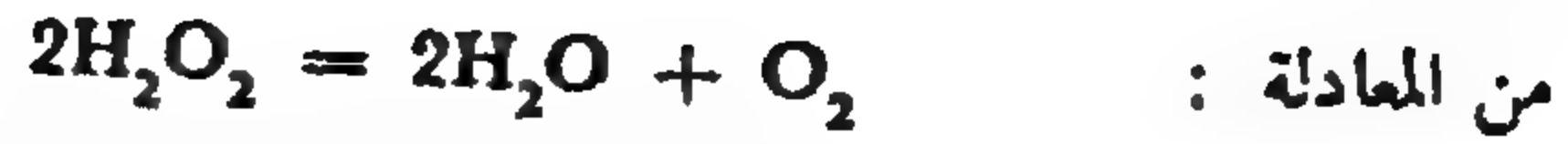
## المواد اللازمة :

- ١ - محلول 0,1N من برمنجنات البوتاسيوم
- ٢ - محلول فوق أكسيد الأيدروجين
- ٣ - حمض كبريتيك مخفف .

## خطوات العمل :

- ١ - انقل ١٠ مل من محلول فوق أكسيد الأيدروجين إلى دورق مخروطى ، وأضف كمية مساوية من حمض الكبريتيك المخفف .
- ٢ - أضف محلول برمنجنات البوتاسيوم 0,1N حتى يبدأ ظهور لون أحمر وردى .
- ٣ - أحسب قوة تركيز محلول فوق أكسيد الأيدروجين ، وكذلك قوة التركيز بالحجم .

## الحساب :



$$\text{الوزن المكافئ لـ فوق أكسيد الأيدروجين} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{2} = \frac{34}{2} = 17$$

$$1 \text{ مل من محلول } N \text{ برمنجنات البوتاسيوم} \equiv 0.071 \text{ جم } H_2O_2$$

$$1 \text{ مل من محلول } 0.1N \text{ } \equiv 0.0017 \text{ جم } H_2O_2$$

ومنها أحسب قوة التركيز بالوزن (x جم / لتر)

وقوة التركيز بالحجم هو حجم الأكسجين عند م. ض. د المنطلق من التحلل التام لواحد مليلتر من محلول فوق أكسيد الأيدروجين .

ومن المعادلة :



$$22.4 \text{ لتر في م. ض. د} \leftarrow 2 \times 34.02 \text{ جرام}$$

أي أن 68.04 جم من فوق أكسيد الأيدروجين تعطي عند التحلل التام 22.4 لترًا من غاز الأكسجين في معدل الضغط ودرجة الحرارة .

فإذا كانت قوة تركيز محلول فوق أكسيد الأيدروجين هي x جم / لتر .

$$\therefore \text{س جم من فوق أكسيد الأيدروجين تعطي عند التحلل التام} \frac{x \cdot 22.4}{68.04}$$

لترًا من الأكسجين عند م. ض. د .

ولكن 1000 مل من المحلول يحتوي على x جم من فوق أكسيد الأيدروجين .

$$\therefore 1 \text{ مل من المحلول يعطي} \frac{x \cdot 22.4}{1000 \times 68.04} \text{ مل من الأكسجين في م. ض. د}$$

التجربة الثامنة عشر :

تقدير النيتريتات :

الأساس النظري :

يتفاعل النيتريت مع برمنجنات البوتاسيوم عند درجة 40°م طبقاً للمعادلة .



ولا تصلح طريقة إضافة البرمنجنات إلى محلول النيتريت بالطريقة العادية أى أنه عند إضافة محلول البرمنجنات من السحاحة إلى محلول النيتريت الحمضى فى الدورق المخروطى ، فإنه ينفد جزءاً من حمض النيتروز المتطاير ولا يدخل فى التفاعل مع البرمنجنات . ولكن يمكن الحصول على نتائج دقيقة إذا أضيف محلول النيتريت من السحاحة إلى حجم معين من البرمنجنات الحمض بـ حمض الكبريتيك المخفف حتى يختفى لون البرمنجنات .

### المواد اللازمة :

- ١ - محلول 0,1N لبرمنجنات البوتاسيوم .
- ٢ - محلول مجهول العيارية من نيتريت الصوديوم .
- ٣ - حمض الكبريتيك المخفف .

### خطوات العمل :

- ١ - أقل ١٠ مل من محلول برمنجنات البوتاسيوم إلى دورق مخروطى سعته ٢٥٠ مل ثم أضيف كمية مساوية من حمض الكبريتيك المخفف 3N ثم خفف بالماء حتى ١٥٠ مل ( وسخن حتى درجة ٤٠°م ) .
- ٢ - أضيف محلول النيتريت من السحاحة ببطء حتى مجرد اختفاء لون البرمنجنات مع ملاحظة أن يكون طرف السحاحة قريباً من سطح البرمنجنات فى الدورق المخروطى .
- ٣ - كرر العملية ٣ مرات .

### طريقة الحساب :

نحسب نسبة النيتريت فى العينة باستخدام العلاقة .

$$1 \text{ مل من محلول } 0,1\text{N لبرمنجنات البوتاسيوم} \equiv 0,0024 \text{ جم حمض النيتروز}$$

$$\equiv 0,0045 \text{ من نيتريت الصوديوم}$$

$$\text{حيث الوزن المكافئ لنيتريت الصوديوم} = \frac{\text{الوزن الجزيئى}}{2}$$

$$1 \text{ جم من برمنجنات البوتاسيوم} \equiv 0,0345 \text{ جم نيتريت صوديوم .}$$

## ثانياً : التأكسد باستخدام بيكرومات البوتاسيوم

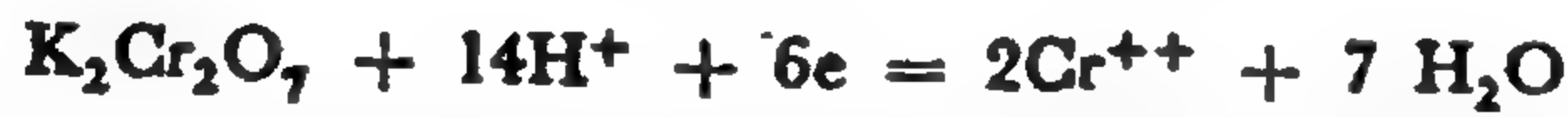
يوضح الجدول التالي بعض مميزات بيكرومات البوتاسيوم في عمليات الأكسدة والاختزال ومقارنتها بينها وبين برمنجنات البوتاسيوم :

بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$	برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$
١ - ليست في قوة البرمنجنات .	١ - عامل مؤكسد قوى
٢ - يمكن الحصول عليها في صورة نقية ، كما أن محاليلها ثابتة دائماً ولذلك تصلح لتحضير محاليل قياسية أولية منها .	٢ - لا يمكن الحصول عليها في صورة نقية ، كما أن محاليلها غير ثابتة ، ولذلك لا يمكن تحضير محاليل قياسية أولية منها .
٣ - يمكن استخدامها بأمان ، في وجود حمض الأيدروكلوريك دون أن يتأكسد بشرط أن يكون الحمض بارداً ولا يزيد تركيزه عن ١ - ٢ عيارى .	Primary Standard Solutions ٣ - تؤكسد حمض الإيدروكلوريك معطية غاز الكلور ، وهو عامل مؤكسد ، ولذلك لا يمكن استخدامها مع حمض الإيدروكلوريك ولكن تستخدم مع حمض الكبريتيك فقط .
٤ - الوزن المكافئ = $\frac{1}{6}$ الوزن الجزيئى .	٤ - الوزن المكافئ = $\frac{1}{5}$ الوزن الجزيئى .

الوزن المكافئ لبيكرومات البوتاسيوم :

١ - يمكن استنتاج الوزن المكافئ لبيكرومات البوتاسيوم في الوسط الحمضى من المعادلة

التالية :



$$جزئ واحد \quad ٤٨ = ١٦ \times ٣ \quad \text{جم أكسجين}$$

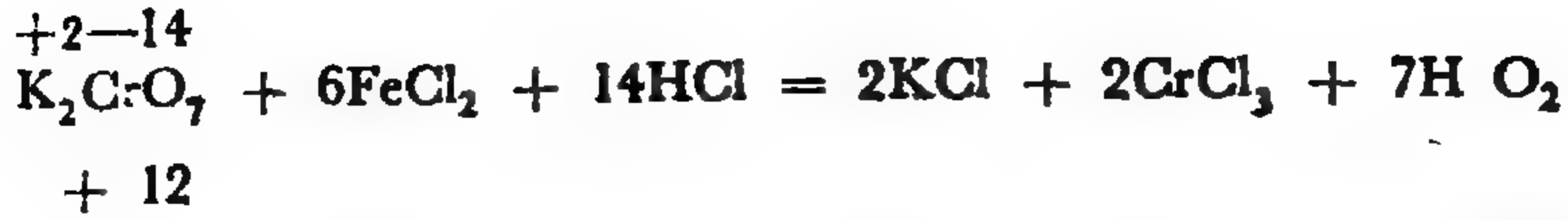
$$\frac{\text{الوزن الجزيئى}}{٦} = \text{الوزن المكافئ} \quad \text{ومنه ينتج أن الوزن المكافئ =}$$

٢ - كذلك يمكن تعيين الوزن المكافئ من العلاقة التالية :

الوزن الجزيئى

$$\frac{\text{الوزن الجزيئى}}{\text{التغير في التكافؤ قبل وبعد التفاعل} \times \text{عدد الذرات المؤكسدة أو المختزلة}} = \text{الوزن المكافئ}$$





التغير في التكافؤ = ٦ = ٣ - ٣

$$\therefore \text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{٦} = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{٢ \times ٣}$$

تعيين نقطة التكافؤ

شرحت من قبل انظر ص ٢٦١

تحضير محلول 0.1N تقريباً من بيكرومات البوتاسيوم :

- ١ - زن حوالي ١,٢ - ١,٣ جم من مسحوق بيكرومات البوتاسيوم .
- ٢ - يذاب في قليل من الماء البارد ، مع التسخين إن لزم الأمر .
- ٣ - انقل المحلول كلبية إلى دورق معلود السعة ( ٢٥٠ مل ) ثم خفف حتى العلامة .
- ٤ - احسب عيارية المحلول كما يلي :

$$S = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{٦} = \text{الوزن المكافئ لبيكرومات البوتاسيوم}$$

$$\text{الوزن للذاب في } \frac{1}{4} \text{ لتر لصيغ عياريته } 0.1N = \frac{S}{40} = S_1 \text{ جم}$$

$$\text{الوزن المأخوذ فعلاً في } \frac{1}{4} \text{ لتر } S_2 = \text{جم}$$

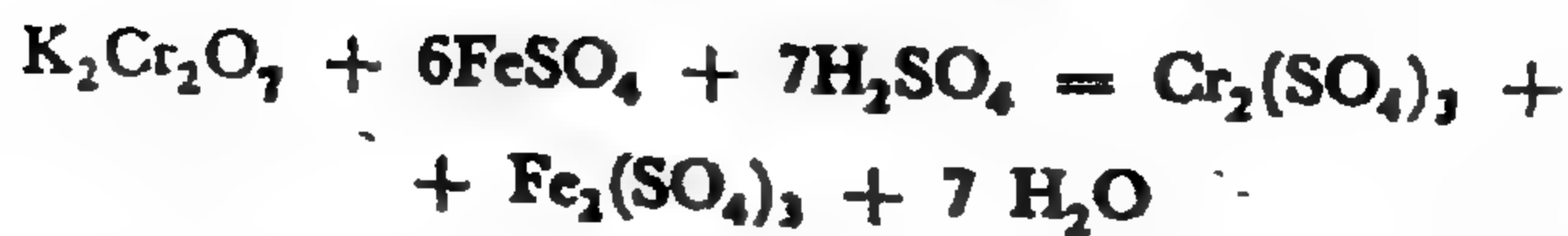
$$\text{عيارية المحلول} = \frac{S_2}{S_1} \times 0.1$$

التجربة السادسة عشر :

تقدير أملاح الحديدوز : Determination of ferrous iron

الأساس النظري :

تعيين تركيز الحديدوز في محلول كبريتات الحديدوز :



الوزن المكافئ لكبريتات الحديدوز = الوزن الجزيئي ، حيث التغير في التكافؤ قبل التفاعل

وبعلمه ١ =

### المواد اللازمة :

- ( أ ) محلول 0.1N من بيكرومات البوتاسيوم :  
 ( ب ) محلول كبريتات الحديدوز . ( ج ) حمض الكبريتيك المخفف :  
 ( د ) محلول حديدى سيانور البوتاسيوم : ( هـ ) دليل ثنائى فينيل أمين :  
 ( و ) حمض الفسفوريك .

### خطوات العمل :

#### ( ١ ) باستخدام طريقة الدليل الخارجى :

- ١ - املأ السحاحة بمحلول بيكرومات البوتاسيوم :
- ٢ - انقل ١٠ مل من محلول كبريتات الحديدوز إلى كأس مخروطى بواسطة الماصة :  
 ثم أضف كمية مساوية تقريباً من حمض الكبريتيك وعابر باستخدام بيكرومات البوتاسيوم .
- ٣ - انقل بين لحظة وأخرى نقطة من المحلول بواسطة قضيب زجاجى ، وضعها على قطعة من الورق الأبيض ، بجوار قطرة من محلول حديدى سيانور البوتاسيوم . المحضر حديثاً ، واجعل القطرتين تتلامسان يتكون أولاً لون أزرق قائم .
- ٤ - ثم باستمرار إضافة بيكرومات البوتاسيوم يتكون بدلا من اللون الأزرق لون أخضر مائل للزرقة ، ثم لون أخضر ضعيف ونقطة التكافؤ هى النقطة التى يلاحظ عندها اختلاف فى اللون عند تلامس القطرتين على قطعة الورق . ( ويلاحظ أن هذه التجربة ابتدائية غير دقيقة ) .
- ٥ - تتكرر التجربة ٣ مرات أخرى ، وذلك بإضافة اليكرومات ببطء دون الكشف بالدليل حتى نصل إلى ما قبل الحجم المعين بالتجربة السابقة بحوالى نصف مليلتر ، ثم يضاف اليكرومات قطرة قطرة ، وتختبر بالدليل بعد كل قطرة ودون النتائج فى جدول .

### طريقة الحساب :

نحسب قوة تركيز وعيارية الحديد فى كبريتات الحديدوز كما يلى :

$$1000 \text{ مل N من بيكرومات البوتاسيوم} = 55.8 \text{ جم حديد}$$

$$1 \text{ مل } 0.1N \text{ من بيكرومات البوتاسيوم} = \frac{1}{10} \times \frac{55.8}{1000} = 0.00558 \text{ جم حديد}$$

## (ب) طريقة الدليل الداخلي :

- ١ - انقل ١٠ مل من محلول كبريتات الحديدوز إلى الكأس المخروطي .
- ٢ - أضف كمية مساوية من حمض الكبريتيك المخفف ، حوالي ٥ مل من حمض الفسفوريك ، ١ مل من دليل ثنائي فينيل أمين .
- ٣ - عاير بواسطة اليكرومات ، يتكون أولاً لون أخضر ، ويقتم اللون إلى أخضر مائل للزرقة قبل نقطة التكافؤ بقليل ، وعند نقطة التكافؤ يظهر لون أزرق بنفسجي زاه لا يتغير بالرج ، أو بإضافة كميات أخرى من اليكرومات .
- ٤ - احسب قوة وتركيز وعيارية الحديد في كبريتات الحديدوز كما سبق :

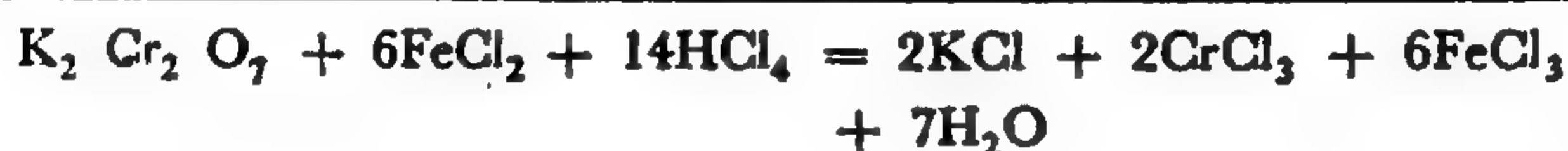
## التجربة السابعة عشر :

## تحليل مخلوط من الحديدوز والحديديك :

Estimation of a Mixture of Ferrous and Ferric Iron in solution

## الأساس النظري :

يختبر الحديد الموجود على هيئة حديدوز بالمعايرة المباشرة مع محلول قياسي ليكرومات البوتاسيوم . أما الحديد كله فيمكن اختباره بعد اختزال الحديديك إلى الحديدوز ثم بعد ذلك يعاير المحلول باستخدام اليكرومات . ويستخدم للاختزال كلوريد القصديروز حيث أن المخلوط مذاب دائماً في حمض الإيدروكلوريك .



## المواد اللازمة :

- (١) مخلوط من كلوريد الحديدوز وكلوريد الحديديك في حمض الإيدروكلوريك .
- (ب) حمض الفسفوريك (١ : ١) (ج) دليل ثنائي فينيل الأمين ،
- (د) محلول كلوريد القصديروز (٣٪) .
- (هـ) محلول ١٠٪ لكلوريد الزئبقيك .
- (و) حمض الكبريتيك المركز .

## خطوات العمل :

## (أ) تقدير الحديدوز :

- ١- اسحب حوالى ١٠ مل من المخلوط إلى كأس مخروطى باستخدام الماصة ثم أضف من حمض الفسفوريك (١ : ١) ، ثم ٣ قطرات من دليل ثنائى الفينيل الأمين .
- ٢- عاير باستخدام اليكرومات حتى ظهور أزرق بنفسجى زاه .

## (ب) اختزال الحديدىك وتقدير الحديدوز :

- ٣- خذ ١٠ مل أخرى من المخلوط ، في دوزق نظيف وسخن حتى الغليان ثم أضف من محلول ٣٪ لكوريد القصديروز  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{HCl}$  ، أثناء الغليان ، نقطة نقطة حتى بدء ظهور لون بنى أو أصفر .
- ٤- بعد ذلك أضف نقطة أو نقطتين من محلول كلوريد القصديروز ، ثم برد بسرعة ، وخفف المحلول بالماء ، وبعد ذلك أضف بسرعة مع التقليب حوالى ٥ مل من محلول كلوريد الزئبىك (١٠٪) .
- يلاحظ تكون راسب أبيض زجاجى (وفى حالة تكون راسب رماذى أعد العملية كلها) .
- ٥- أضف حوالى ٣ مل من حمض الفسفوريك (١ : ١) ، ثم حوالى ٥ مل من حمض الكبريتيك المركز ، ثم ٣ قطرات من دليل ثنائى فينيل الأمين .
- ٦- عاير بعد ذلك باستخدام اليكرومات حتى ظهور لون أزرق بنفسجى زاه ودون النتائج فى جدول :

## طريقة الحساب :

الوزن الذرى للحديد  $(\text{Fe}^{++} \text{ أو } \text{Fe}^{+++}) = w$

(أ) تقدير الحديدوز :  $\text{Fe}^{++}$ 

من العلاقة  $NV = N_1 V_1$  يمكن حساب  $N_1$  .  
 قوة الحديدوز  $S_2 = w \times N_1 = \text{حجم} / \text{لتر}$

(ب) تقدير الحديدىك :  $\text{Fe}^{+++}$ 

من العلاقة  $NV = N_1 V_1$

حيث  $V = \text{حجم محلول اليكرومات المستخدم كله مطروحاً منه الحجم الذى استخدم فى تقدير الحديدوز}$  ، ويمكن حساب  $N_1$  .  
 قوة الحديدىك  $S_2 = w \times N_1 = \text{حجم} / \text{لتر}$

## ثالثاً : عمليات التأكسد والاختزال بواسطة اليود

Iodimetry and Iodometry -

تقسم عمليات الأكسدة باليود إلى قسمين :

( أ ) طريقة مباشرة Iodimetry وتشمل عمليات المعايرة المستخدمة فيها محلول معلوم القوة من اليود ، ومن أمثلة ذلك :



( ب ) طريقة غير مباشرة Iodometry ، وتشمل عمليات المعايرة التي ينفرد فيها اليود نتيجة لتفاعل كيميائي :



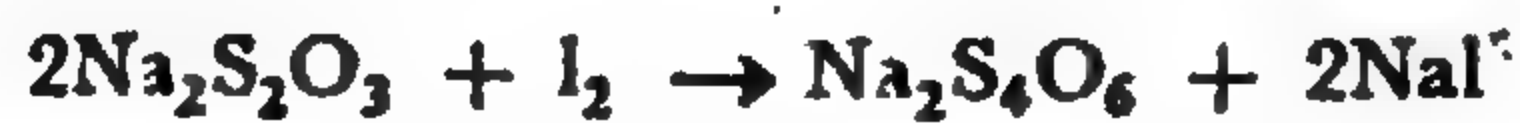
ويعاير اليود المنفرد بواسطة محلول قياسي من ثيوكبريتات الصوديوم .  
ولا يمكن تحضير محلول قياسي أولي من اليود ، لأنه سهل التطاير ، ولذلك فإن محلوله في الماء يغير تركيزه باستمرار .  
وفي عمليات التأكسد المباشر يذاب اليود في يوديد البوتاسيوم ، وكلما زاد تركيز يوديد البوتاسيوم ، كلما ازدادت قابلية ذوبان اليود ، وذلك لتكوين ثالث يوديد البوتاسيوم .



ويتفاعل ثالث يوديد البوتاسيوم . بنفس الطريقة تماماً مثل محلول اليود ، فالضغط البخاري لمحلول ثالث يوديد البوتاسيوم ، أقل بكثير من الضغط البخاري لمحلول اليود في الماء النقي ، ولذلك يقل تطاير اليود في محلول ثالث يوديد البوتاسيوم . ويعاير محلول اليود هذا مع ثيوكبريتات الصوديوم أو أكسيد الزرنيخوز .

### تعيين نقطة التكافؤ :

يمكن أن يعمل اليود كدليل ذاتي ، لأنه عند الاختزال يختفي لون اليود البني ، وتتكون أيونات اليوديد عديمة اللون .



ومن الجدير بالذكر أن تحول اللون من البني إلى عديم اللون غير كاف لاكتشاف نقطة التكافؤ ، ولذلك يستخدم محلول النشا كدليل ، ففي وجود آثار بسيطة من اليود يتاون النشا باللون الأزرق الزاهي ، ويستخدم النشا بإحدى طريقتين :



١ - يضاف محلول الثيوكبريتات إلى محلول اليود ، حتى يصبح اللون أصفر باهتاً ، عندئذ يكون معظم اليود قد تحول إلى أيونات اليوديد ، وعند إضافة محلول النشا يتلون المحلول باللون الأزرق ، يستمر في إضافة الثيوكبريتات حتى يزول اللون الأزرق .

٢ - تشمل الطريقة الثانية إضافة محلول اليود إلى الثيوكبريتات المضاف إليها حوالي ١ مل من النشا ، حتى ظهور اللون الأزرق .

وثيوكبريتات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  المعروفة بملح الهيبر ، مادة متزهره ، يصعب العثور عليها بحالة نقية ، وغالباً ما تتحلل ويترسب منها الكبريت .

وفي العادة تستخدم يودات البوتاسيوم  $\text{KIO}_3$  كمعيار أولى لمعايرة محاليل الثيوكبريتات ، وذلك بأن يضاف يوديد البوتاسيوم إلى حجم معين من  $\text{KIO}_3$  ثم يعاير اليود المنطلق بمحلول الثيوكبريتات ، ومن الممكن كذلك استخدام محاليل قياسية من برمنجنات البوتاسيوم ، أو بيكرومات البوتاسيوم ، بدلا من يودات البوتاسيوم .

### تحضير محلول النشا :

يسخن قليل من النشا مع قليل من الماء البارد ، فتتكون عجينة يضاف إليها ٢٥ مل من الماء المقطر المغلي ، يغلى المزيج حتى يحصل على محلول رائق ، نستخدم منه حوالي ١ مل لكل معايرة ، ويلاحظ أن هذا المحلول يتلف بسرعة ، ولذلك يفضل تحضيره دائماً - ويستعمل لمدة ١٠ أيام ، ويراعى ما يلي عند المعايرة باستخدام اليود .

- ١ - لا تسخن المحاليل في أوان مفتوحة حيث أن اليود سريع التطاير .
- ٢ - تزداد قدرة HI على التأكسد في الجو كلما تعرض لضوء الشمس أو لتركيز حمض قوي .



ولذلك تجرى عمليات المعايرة باليود في الضوء الخافت ، وفي تركيز حمض غير قوي .

- ٣ - لا يستعمل محاليل اليود في وسط قلوي ، حيث يتكون الهيبويوديت Hypiodite ، وهو عامل مؤكسد قوي ، يفوق في قوته المؤكسدة اليود نفسه ويحول الثيوكبريتات إلى كبريت :



- ٤ - لابد من إضافة النشا قرب نقطة التكافؤ فقط ، لأن لون اليود الشاحب يكون خبير دليل على قرب حلول هذه النقطة ، بينما لو أضفنا محلول اليود أولاً ، فإن بعضه يبقى في حالة امتصاص Adsorption مع النشا حتى عند نقطة التكافؤ .

٥ - تحفظ محاليل اليود القياسية في زجاجات ملوثة ومحكمة السد ، وتستخدم مع محاليل اليود ساحات ذات صنادير زجاجية ، وذلك لأن اليود يؤثر في المطاط .

### تحضير محلول 0.1N تقريباً من يودات البوتاسيوم ( $KIO_3$ ) خطوات العمل :

- ١ - زن بالضبط حوالي ( ٠,٨ - ١ جم ) من يودات البوتاسيوم ، ثم أذبه في كأس صغير به كمية من الماء المقطر ، وانقله بعد ذلك إلى دورق محدود السعة حجمه ٢٥٠ مل .
- ٢ - احسب عيارية المحلول كما يلي :

$$S = \frac{\text{الوزن الجزيئي}}{6} = \text{الوزن المكافئ ليودات البوتاسيوم}$$

$$\frac{S}{40} = 0.1N \text{ المحلول لتر ليصبح}$$

$$S_1 = \text{الوزن المذاب فعلاً في } \frac{1}{4} \text{ لتر}$$

$$S_2 = \text{عيارية المحلول} = 0.1 \times \frac{S_2}{S_1}$$

### تحضير محلول 0.1N تقريباً من ثيوكبريتات الصوديوم خطوات العمل :

- ١ - زن بالتقريب حوالي ١٢,٥ جم من ثيوكبريتات الصوديوم ، ثم أذبها في كأس صغير به ماء مقطر ، أضف نقطة من الكلوروفورم أو بيكرينات الصوديوم .
- ٢ - انقل المحلول كلية إلى دورق محدود السعة حجمه ٥٠٠ مل وأكمل بالماء المقطر حتى العلامة .

٣ - عاير المحلول باستخدام :

( ٢ ) محلول بيكرومات البوتاسيوم (ب) يودات البوتاسيوم .

### التجربة الثامنة عشرة :

معايرة ثيوكبريتات الصوديوم باستخدام محلول قياسي من بيكرومات البوتاسيوم :  
الأساس النظري :

تتفاعل بيكرومات البوتاسيوم مع يوديد البوتاسيوم في وسط حمضي ، وينطلق اليود الذي يعاير بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم :



### خطوات العمل :

- ١ - اقل حوالي ١٠٠ مل من الماء في دوزق مخروطي .
- ٢ - أضف حوالي ١ جم من يوديد البوتاسيوم ثم ١ جم من بيكربونات الصوديوم ( لمعادلة الزيادة في HCl ) .
- ٣ - رج المحلول جيداً ، حتى يذوب الملح ، ثم أضف بالضغط ١٠ مل من محلول اليكرومات القياسي :
- ٤ - أضف بعد ذلك ويطء ٣ مل من حمض الأيلروكلوريك المركز مع التقليب المستمر .
- ٥ - رج المحلول جيداً ثم غاير البود المنطلق باستخدام محلول الثيوكبريتات .
- ٦ - عندما يكتسب المحلول لوناً أخضر مصفر ، أضف حوالي ١ مل من محلول النشا .
- ٧ - استمر في إضافة محلول الثيوكبريتات نقطة نقطة حتى بدء تحول اللون من الأزرق المخضر إلى الأخضر الفاتح .

### التجربة التاسعة عشر :

معايرة محلول ثيوكبريتات الصوديوم باستخدام محلول قياسي من يودات البوتاسيوم :

الأساس النظري :

يتفاعل يودات البوتاسيوم مع يوديد البوتاسيوم في وسط حمضي وينطلق اليود :



### خطوات العمل :

- ١ - اقل ١٠ مل من محلول يودات البوتاسيوم إلى دوزق مخروطي .

- ٢- أضف ١ جم من يوديد البوتاسيوم ، ثم ٢ مل من حمض الكبريتيك المخفف .  
 ٣- خفف المحلول بالماء المقطر وعاير اليود المنطلق باستخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى يصبح المحلول أصفر باهت .  
 ٤- أضف ١ مل من محلول النشا ، ثم استمر في المعايرة حتى يتغير اللون من الأزرق إلى عديم اللون .

### طريقة الحساب :

احسب العبارة في كل حالة كما يلي :  
 الوزن المكافئ لثيوكبريتات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  = الوزن الجزيئي  
 ومن العلاقة  $NV = N_1V_1$  يمكن حساب  $N_1$

### تحضير محلول 0.1N تقريباً من اليود :

- ١- زن تقريباً حوالي ٥ جم من يوديد البوتاسيوم ، ثم ٣.٥ جم من اليود .  
 ٢- اخلط المادتين في كأس صغير ، ثم أضف ١٠ مل من الماء المقطر ، قلب المحلول جيداً ، حتى يذوب اليود على البارد .  
 ٣- خفف بالماء ، ثم اقل المحلول إلى دورق سعته ٢٥٠ مل ، وأكمل بالماء المقطر حتى العلامة .  
 عاير باستخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم .

### التجربة العشرون :

### معايرة محلول اليود بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم :

### الأساس النظري :

يجرى التفاعل بين ثيوكبريتات الصوديوم واليود طبقاً للمعادلة التالية :



2 moles of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   $\equiv$  one mole of  $\text{I}_2$

one mole of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   $\equiv$  one atom of  $\text{I}_2$

Equivalent weight of  $\text{I}_2$   $\equiv$  the atomic weight

Equivalent weight of  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   $\equiv$  The molecular weight

## خطوات العمل :

- ١ - املأ السحاحة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم
- ٢ - انقل بالماصة ١٠ مل من محلول اليود إلى دورق تخريبى ، وأضف إليها حوالى ١٠ مل من الماء المقطر :
- ٣ - أضف ثيوكبريتات الصوديوم ، حتى يصير اللون أصفر باهت ، ثم أضف إليها ١ مل من النشا .
- ٤ - أكمل المعايرة بالاستمرار فى إضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم ، حتى يختفى اللون الأزرق :
- ٥ - كرر التجربة مرتين .
- ٦ - احسب عيارية وقوة تركيز محلول اليود .

## طريقة الحساب :

- ١٠٠٠ مل N من محلول ثيوكبريتات الصوديوم  $\equiv$  الوزن المكافئ لليود .  
 ١٠٠٠ مل N من محلول ثيوكبريتات الصوديوم  $\equiv$  ١٢٧ جم من اليود .  
 ١ مل 0,1N من محلول ثيوكبريتات الصوديوم  $\equiv$  ٠,٠١٢٧ جم من اليود

## طريقة أخرى :

- ١ - انقل بالماصة ١٠ مل من محلول الثيوكبريتات إلى دورق مخروطى ، وأضف إليها ١ مل من محلول النشا .
- ٢ - عاير بواسطة محلول اليود ، حتى يظهر لون أصفر باهت .  
 الوزن المكافئ لليود = وزنه الذرى .  
 من العلاقة  $NV = N_1V_1$  يمكن حساب  $N_1$  :  
 قوة تركيز محلول اليود جم / لتر =  $N_1 \times$  وزنه المكافئ .

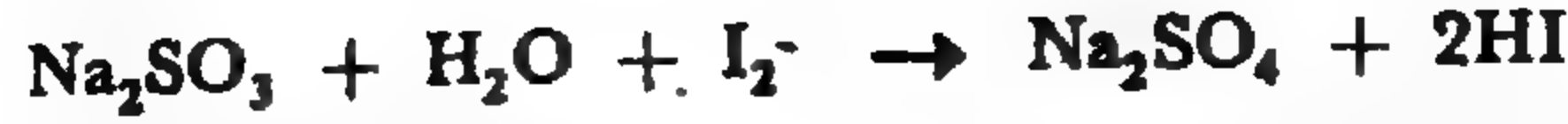
## التجربة الواحد والعشرون :

تقدير الكبريتات Estimation of Sulphites

## الأساس النظرى :

يتفاعل الكبريتيت واليود تبعاً للمعادلة :





One mole of Sulphite  $\equiv$  One mole of Iodine

One mole of Sulphite  $\equiv$  2 atoms of Iodine

Equivalent weight of Sulphite  $\equiv$  1/2 molecular weight

تتلخص هذه التجربة في معاملة محلول الكبريتيت بوفرة معلومة من محلول اليود القياسي ثم معايرة الزيادة من محلول اليود بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم معلوم القوة .

### خطوات العمل :

- ١ - انقل بالناصة ١٠ مل من محلول الكبريتيت إلى كأس مخروطي ، ثم أضف ٢٠ مل من محلول اليود معلوم القوة . أضف ٥ مل من حمض الأيدروكلوريك المخفف وحوالي ٥٠ مل من الماء ( يجب أن يكون المحلول مخففاً جداً للتسهيل من تبخر ثاني أكسيد الكبريت ) .
- ٢ - عاير الزيادة من محلول اليود بواسطة ثيوكبريتات الصوديوم مستخدماً النشا كدليل .
- ٣ - كرر التجربة مرة أخرى ، واحسب قوة تركيز وعيارية محلول الكبريتيت .

### طريقة الحساب :

نفرض أن حجم محلول الثيوكبريتات الذي يكافئ الزيادة في اليود =  $V_1$  مل  
 $\therefore V_1$  مل من محلول 0,1N ثيوكبريتات الصوديوم  $\equiv V_1$  مل من محلول اليود 0,1N ، وفي حالة عدم تساوى العياريتين يحسب حجم اليود الذي يكافئ حجم الثيوكبريتات  $V_1$  المستخدمة :

حجم اليود الذي يكافئ ١٠ مل من الكبريتيت =  $(V_1 - 20)$  مل  
 ١٠٠٠ مل N من اليود  $\equiv ٠,٠٦٣$  جم من كبريت الصوديوم ( اللاماني )  
 $\therefore$  ١ مل 0,1N من اليود  $\equiv ٠,٠٦٣$  جم من كبريتيت الصوديوم .  
 $\therefore (V_1 - 20)$  مل من محلول اليود =  $(V_1 - 20) \times ٠,٠٦٣$  جم من كبريتيت الصوديوم .

### التجربة الثانية والعشرون :

تقدير الرصاص Determination of Lead

### الأساس النظري :

يرسب الرصاص على هيئة كرومات الرصاص بواسطة إضافة كرومات أو بيكرومات البوتاسيوم ،  
 مبادئ الكيمياء العملية

إلى محلول الرصاص ، في وجود محلول منظم من حمض الخليك ، وخلات الصوديوم أو الأمونيوم ، يغسل الراسب بالماء ويذاب في حمض الأيدروكلوريك المخفف ، ويعامل بمحلول يوديد البوتاسيوم ، ثم يعاير اليود المنفرد بواسطة محلول معلوم القوة من ثيو كبريتات الصوديوم .



$$\text{الوزن المكافئ للرصاص} = \frac{\text{الوزن الذري}}{3} = \frac{207}{3} = 69,0$$

يمكن تقدير الرصاص بطريقة أخرى ، وفيها يضاف زيادة معلومة من محلول بيكرومات البوتاسيوم ، ويرشح الراسب المتكون ، تقدر الزيادة من البيكرومات بإضافة يوديد البوتاسيوم ، ويعاير اليود المنفرد بواسطة محلول ثيو كبريتات الصوديوم معلوم القوة .

### المواد اللازمة :

( ١ ) محلول معلوم القوة من ثيو كبريتات الصوديوم ( ب ) حمض الأيدروكلوريك المخفف ( ١ : ١ ) ( ح ) محلول بيكرومات البوتاسيوم ( د ) محلول يوديد البوتاسيوم ( ١٠ / ٢ ) .

### خطوات العمل :

١ - انقل بواسطة الماصة ١٠ مل من محلول خلات الرصاص إلى كأس مخروطي . خفف بحوالي ٨٠ مل من الماء ، سخن للغليان ، ثم أضف ٥ مل من محلول بيكرومات البوتاسيوم الساخن ، وقطنتين من حمض الخليك ، أغلى بلطف مدة ٥ دقائق .

٢ - رشح الراسب ( كرومات الرصاص ) واغسل بالماء البارد ..

٣ - انقل الراسب كميًّا إلى كأس مخروطي . أذبه في حمض الأيدروكلوريك المخفف ( ١ : ١ ) ثم أضف ١٠ مل من يوديد البوتاسيوم ( ١٠ / ٢ ) .

٤ - عاير اليود المنفرد بواسطة محلول  $\frac{\text{N}}{10}$  من ثيو كبريتات الصوديوم ، حتى يصير اللون أصفر

باهت . أضف ٢ مل من محلول النشا ، واستمر في إضافة الثيو كبريتات حتى يصير لون المحلول أخضر رائق . وتكون نقطة التكافؤ أكثر وضوحاً بالتخفيف بالماء .

٥ - احسب قوة تركيز الرصاص في المحلول .

## طريقة الحساب :

١ مل 0,1N من ثيوكبريتات الصوديوم  $\equiv$  ١ مل 0,1N من اليود  $\equiv$  ٠,٠٠٦٩ جم من اليود .

## التجربة الثالثة والعشرون :

تقدير النحاس في كبريتات النحاس (Cu SO<sub>4</sub> . 5H<sub>2</sub>O)

## الأساس النظري :

تتفاعل كبريتات النحاس مع يوديد البوتاسيوم حسب المعادلة :



ويتضح من هذه المعادلة أن :



مكافئ كبريتات النحاس = الوزن الجزيئي .

مكافئ النحاس = الوزن الذري = ٦٣,٥

## خطوات العمل :

- ١- اقل ١٠ مل من محلول كبريتات النحاس إلى كأس مخروطي ، أضف ١٠ مل من محلول يوديد البوتاسيوم ( ١٠٪ تقريباً ) .
- ٢- عابر اليود المتفرد بواسطة محلول 0,1N ثيوكبريتات الصوديوم ، حتى يصير لون المحلول أصفر باهت .
- ٣- أضف ١ مل من محلول النشا ، واستمر في إضافة الثيوكبريتات حتى يزول اللون الأزرق ( يبقى راسب أبيض من يوديد النحاسوز ) .
- ٤- كرر التجربة مرتين .
- ٥- احسب قوة تركيز النحاس في كبريتات النحاس :  
 ١٠٠٠ مل N من ثيوكبريتات الصوديوم = ٦٣,٥ جم نحاس  
 ١ مل 0,1N من ثيوكبريتات الصوديوم = ٠,٠٠٦٣٥ جم نحاس
- ٦- وإذا علم أنه قد أذيب في اللتر ٢٤,٩٥ جم من كبريتات النحاس المتبلرة . احسب عدد جزيئات ماء التبلر في الكبريتات .

## الباب الثاني عشر

### تفاعلات الترسيب

#### Precipitation reactions

في هذه التفاعلات تتحد الأيونات في المحلول مكونة أملاحاً عديمة (أو شحيحة) الذوبان في الماء. ويلاحظ أن معظم تجارب التحليل الحجمي في تفاعلات الترسيب تجري باستخدام نترات الفضة ولذلك تسمى عادة Argentimetry. ونترات الفضة النقية درجة نقاوتها ٩٩,٩٪ فيمكن تحضير محاليل قياسية أولية منها بالوزن مباشرة، أما إذا استخدمت نترات الفضة العادية فيمكن معايرتها بواسطة محلول كلوريد الصوديوم النقي: ويلزم حفظ محاليل الفضة النقية في زجاجات بنية أو زرقاء اللون أو في زجاجة غطى سطحها بطبقة سوداء حتى لا تنحل إلى الفضة.

#### الكشف عن نقطة التكافؤ في تفاعلات الترسيب:

##### ١ - تكوين راسب ملون (طريقة مور) Mohr's method

يتم ذلك باستخدام كرومات البوتاسيوم كدليل. فعند إضافة نترات الفضة إلى محلول يحتوي على أيونات الكلوريد المضاف إليه نقطتين أو ثلاثة من محلول كرومات البوتاسيوم، فإن أيون الفضة يتفاعل مع أيون الكلوريد مكوناً راسباً أبيض من كلوريد الفضة، ويتفاعل مع أيون الكرومات مكوناً راسباً أحمر من كرومات الفضة.



ولكن كلوريد الفضة أقل ذوباناً من كرومات الفضة، وعلى هذا فكلوريد الفضة يترسب أولاً، وعند (نقطة التكافؤ) أي عندما يترسب كل الكلوريد في صورة كلوريد الفضة، فإن الزيادة من محلول نترات الفضة (عند إضافة قطرة أخرى منه) تتفاعل مع أيون الكرومات مكونة كرومات الفضة ويتلون المحلول باللون الأحمر (أو البني) الباهت:

وهذه الطريقة لا تستخدم إلا في حالة المحاليل المتعادلة نظراً لأن كرومات الفضة تذوب في



الأحماض ، كما أن الوسط القلوي يؤدي إلى ترسيب هيدروكسيد الفضة قبل كرومات الفضة .  
علاوة على أن الراسب الذي يتكون من أكسيد الفضة ، بالإضافة إلى كلوريد الفضة يؤدي  
إلى نتائج خاطئة في كلتا الحالتين :

## ٢ - تكوين مركب ذائب ملون - ( طريقة فولهارد ) Volhard's method

تستخدم هذه الطريقة في تقدير الكلوريدات في وسط حمضي . وفيها يضاف إلى المحلول  
زيادة من محلول قياسي من نترات الفضة ، والزيادة منها تقدر في وسط حمضي بواسطة محلول  
قياسي من ثيوسيانات البوتاسيوم KCNS أو الأمونيوم  $NH_4CNS$  مع استخدام محلول شب  
الحديدك كدليل . فإضافة محلول ثيوسيانات البوتاسيوم إلى نترات الفضة في وجود الدليل يتكون  
أولاً راسب أبيض من ثيوسيانات الفضة .



وعند نقطة التكافؤ بعد ترسيب الفضة تتفاعل أقل زيادة من الثيوسيانات مع أيون الحديدك  
المستخدم كدليل ، ويتكون مركب ذائب ذو لون أحمر من ثيوسيانات الحديدك التي تتميز  
بلونها الأحمر الدموي .



وفي هذه الطريقة تضاف الثيوسيانات من السحاحة إلى نترات الفضة في الدورق المخروطي  
وليس العكس .

وتستخدم هذه الطريقة في تقدير الكلوريدات والبروميدات واليوديدات في المحاليل الحمضية .  
وفي هذه الحالة يضاف مقدار فائض من محلول قياسي من نترات الفضة إلى المحلول المحتوي على  
أيون الهاليد ، ثم تحليل الزيادة من النترات بواسطة محلول قياسي من الثيوسيانات (البوتاسيوم  
أو الأمونيوم) ، ولقد أوصى في هذه التقديرات بترشيح كلوريد الفضة المترسبة : وذلك لاحتمال  
تفاعله مع ثيوسيانات الفضة الأقل ذوباناً - ويحدث هذا التفاعل قبل أن يتم التفاعل بين  
الثيوسيانات وأيون الحديدك : إلا أنه يمكن إجراء المعايرة حال وجود الراسب إذا غلى المحلول  
لتجليط كلوريد الفضة وذلك لإضعاف قابليته للتفاعل . كما يمكن استخدام النيتروبنترين .  
الذي يحيط دقائق الراسب بطبقة عازلة تمنعه من التفاعل مع الثيوسيانات المضافة .

## ٣ - طريقة أدلة الامتزاز Fajan's method ( طريقة فاجان )

Adsorption indicators,

أدلة الامتزاز عبارة عن أصباغ عضوية organic dyes تمتاز عند نقطة التكافؤ على  
سطح الراسب فتكسبه لوناً مميزاً ، ومن أمثلتها دليل الفلوريسين Fluorescein : فعند إضافة



نترات الفضة إلى محلول كلوريد الصوديوم مثلاً في وجود الفلوريسين ، فإن كلوريد الفضة المتكون يظل أبيض اللون حتى نقطة التكافؤ ، وعندما يصبح لون الراسب مشابهاً بحمرة خفيفة ، أى أن التغير في اللون يحدث على سطح الراسب نفسه وليس في المحلول . وترجع عملية الامتزاز إلى الخواص الفردية لكلوريد الفضة المتكون عند نقطة النهاية للمعايرة ، ولا تحدث عملية الامتزاز إلا بعد نقطة النهاية حيث تحمل أيونات الدليل شحنة مخالفة لشحنة الراسب الفريد وأدلة الامتزاز إما قاعدية أو حمضية .

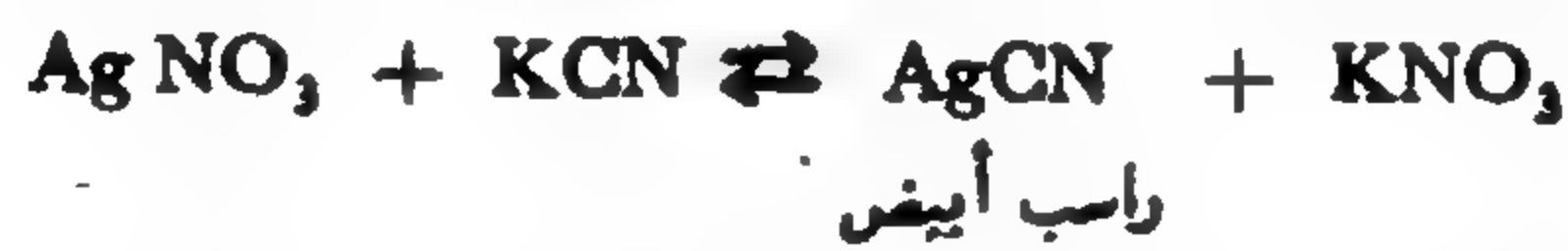
١ - أصباغ حمضية مثل الفلوريسين ، الأيوسين .

٣ - أصباغ قاعدية مثل الرودامين .

فالمسحقة الغروية من كلوريد الفضة تكون عادة محاطة بطبقة من أيونات الفضة مكونة طبقة ابتدائية وهذه الطبقة تجذب إليها أيونات سالبة التكهرب مثل أيونات النترات لتكوين الطبقة الثانوية ، وهذه الأيونات الأخرى هي التي يحل محلها أيونات الدليل بعد انتهاء الترسب أى بعد نقطة النهاية ، ومن الجلي أن لون الدليل في المحلول يخالف لونه في حالة الامتزاز .

#### ٤ - طريقة التعكير : Turbidity Method

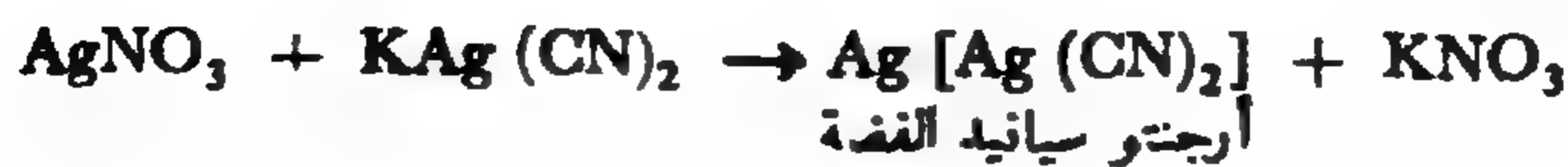
تحدد نقطة التعادل في هذه الطريقة بحدوث تعكير بعد نقطة النهاية مباشرة ومن أمثلتها معايرة محلول سيانيد البوتاسيوم بمحلول نترات الفضة . وعند إضافة نترات الفضة إلى محلول سيانيد قلوى ما يتكون متراسب شديد الثبات ، يسمى أرجنتو سيانيد القلوى ، وهذا المتراسب يتكون نتيجة لذوبان سيانيد الفضة المتكون أولاً في زيادة من سيانيد القلوى .



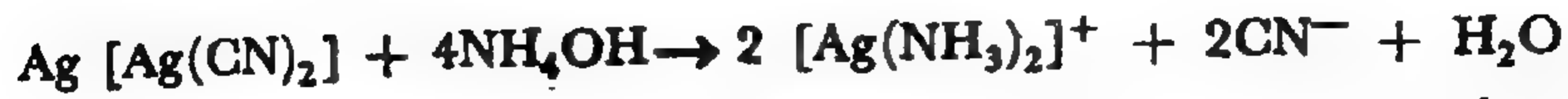
ولكن سيانيد الفضة المتكون لا يترسب ما دامت هناك زيادة من سيانيد البوتاسيوم إذ أنه يذوب طبقاً للمعادلة :



هذا ولا كان التفاعل يشتمل على إضافة نترات الفضة إلى محلول سيانيد البوتاسيوم فإن المتراسب يتكون في الحال ولا يحدث أى راسب . وعندما يتم التفاعل السابق أى عند الوصول إلى نقطة التكافؤ فإن إضافة زيادة من محلول نترات الفضة ينتج راسب أبيض من سيانيد الفضة ويتعكر المحلول تعكيراً خفيفاً .



وهكذا تتميز نقطة التعادل بظهور التعكير . وتنحصر الصعوبة الوحيدة في كيفية الحصول على نقطة التعادل بالدقة والسهولة المطلوبين . إلا أنه يمكن التغلب على هذه الصعوبة بإضافة محلول النشادر الذي يذوب فيه سيانيد الفضة :



وإذا أضيف قليل من يوديد البوتاسيوم فإن الفضة عديمة الذوبان في محلول النشادر تتفاعل مع اليوديد ويتعكر المحلول بلون أصفر باهت لتكوين يوديد الفضة عديم الذوبان .

### التجربة الرابعة والعشرون :

معايرة محلول نترات الفضة بواسطة كلوريد الصوديوم :

الوزن المكافئ لكلوريد الصوديوم هو ٨٥,٤٦ ، ويحضر محلول 0,1N منه يوزن ٢,٩٢٣ جم من الملح الجاف النقي ، ثم يذاب في ٥٠٠ مل من الماء في دورق محدود السعة ، أو يوزن ٢,٩ جم من الملح النقي بدقة . ثم يذاب في ٥٠٠ مل من الماء ثم تُحدد العيارية بالضبط .

( ٢ ) معايرة محلول نترات الفضة باستخدام كرومات البوتاسيوم كدليل ( طريقة مور ) :

١ - يحضر الدليل بإذابة ٤,٢ جم من كرومات البوتاسيوم ، ٠,٧ جم من بيكرومات البوتاسيوم في ١٠٠ مل من الماء ، ثم يستعمل ١ مل من محلول الدليل لكل ٥٠٠ مل من الحجم الأخير من المحلول المختبر .

### معادلة التفاعل :



ويحضر محلول نترات الفضة بإذابة ٨,٥ جم منه في الماء ثم يكمل المحلول إلى ٥٠٠ مل في دورق حجمي مع الرج ، ويجب حفظ المحلول بعيداً عن الضوء في زجاجات فاتمة :

### المواد اللازمة :

محلول 0,1N كلوريد الصوديوم - محلول نترات الفضة مجهول العيارية :

### خطوات العمل :

١ - إنقل ١٠ مل من محلول كلوريد الصوديوم معلوم العيارية إلى دورق مخروطي نظيف ثم خفف بالماء المقطر إلى حوالي ٥٠ مل وأضف نحو أربع قطرات من محلول كرومات البوتاسيوم .

- ٢ - أضف محلول نترات الفضة تدريجياً وبيطء من السحاحة مع رج المحلول باستمرار حيث يتكون في الحال راسب أبيض من كلوريد الفضة (وراسب أحمر من كرومات الفضة) .
- ٣ - «حرك بالرج» لتتجمع جزيئات الراسب على بعضها وفي نفس الوقت يزول الراسب من كرومات الفضة بسرعة .
- ٤ - استمر في إضافة نترات الفضة حتى يبدأ زوال اللون المتكون ببطء وعندئذ تقرب نقطة التكافؤ التي يستدل عليها عند أول قطرة تعطى لوناً باهتاً ضارباً إلى الحمرة وهذا اللون لا يزال بالرج .
- ٥ - كرر التجربة على نفس الحجم من المحلول ثم احسب قوة وعيارية محلول نترات الفضة .

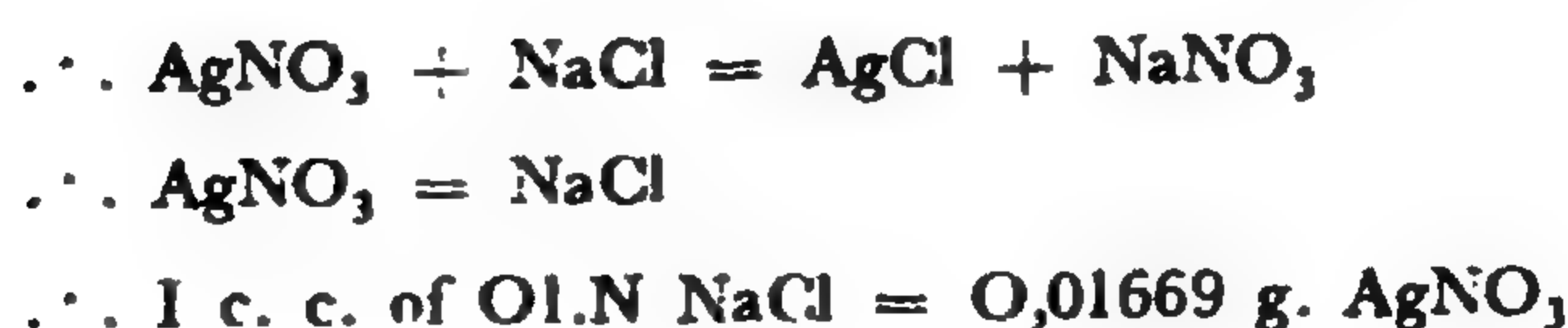
### ملحوظة :

- ١ - لا تضاف كرومات البوتاسيوم إذا استعملت كدليل إلى محلول نترات الفضة .
- ٢ - لا يستعمل هذا الدليل في وجود أحماض لأن كرومات الفضة تذوب في الأحماض فلا يظهر اللون البني المحمر ، أما إذا كان المحلول قلويًا فيترسب أكسيد الفضة .

### (ب) خطوات العمل بطريقة فاجان (استخدام أدلة الامتصاص) :

- ١ - انقل ١٠ مل من محلول كلوريد الصوديوم 0.1N إلى دورق مخروط وأضف إليها ١٠ قطرات من دليل الفلوريسين .
- ٢ - عاير بإضافة محلول نترات الفضة مع استمرار التحريك حتى يتلون الراسب من كلوريد الفضة باللون الأحمر .
- ٣ - كرر التجربة مرتين واحسب عيارية وقوة تركيز محلول نترات الفضة .

### طريقة الحساب :



### تحضير محلول الفلوريسين :

أذب ٠.٢ جم من الفلوريسين في ١٠٠ مل من محلول كحول ٧٠٪ ، أو أذب ٠.٢ جم من فلوريسينات الصوديوم في ١٠٠ مل من الماء .

### التجربة الخامسة والعشرون :

#### معايرة محلول ثيوسيانات البوتاسيوم باستخدام نترات الفضة :

أعطيت محلولاً من نترات الفضة معلوم العيارية فاستخدمه في تقدير قوة تركيز عيارية محلول من نترات الفضة .

#### المواد :

محلول من نترات الفضة معلوم العيارية — محلول ثيوسيانات البوتاسيوم مجهول العيارية — حمض النيتريك المخفف .

#### الطريقة ( طريقة فوهارد ) :

- ( ١ ) أنقل ٢٥ مل من محلول نترات الفضة إلى دورق مخروطي .
- أضف إليها ٥ مل من حمض النيتريك 6N ثم أضف ١ مل من دليل شب الحديد (Ferric Alum)
- ( ٣ ) استمر في إضافة ثيوسيانات البوتاسيوم حتى يظهر لون بني ضارب إلى الحمرة . يزول هذا اللون سريعاً بالرج . وقرب نقطة التكافؤ يصير الراسب متليداً ويترسب بسهولة . وعند نقطة التكافؤ يستمر اللون ظاهراً بدون أن يزول .
- ( ٤ ) كرر التجربة مرتين .

#### الحساب :



#### طريقة أخرى :

#### المواد اللازمة :

- محلول 0.1N نترات الفضة 0.1N — محلول 0.1N لحمض الإيدروكلوريك محلول 0.1N لحمض النيتريك — محلول شب الحديد .
- ١ — أنقل ٢٥ مل من محلول قياسي 0.1N لحمض الإيدروكلوريك إلى دورق مخروطي سعة ٢٥٠ مل محتوياً على ٥ مل من محلول 6N لحمض النيتريك .
  - ٢ — أضف كمية معينة زائدة عن المعايرة من محلول نترات الفضة القياسي 0.1N ( ٥٠ مل )

- ثم سخن المخلوط حتى الغليان لينتجع الراسب ، ويصبح المحلول رائقاً تماماً .
- ٣ - أضف ٢ مل من محلول شب الحديدك Ferric alum كدليل .
- ٤ - عاير الزيادة من نترات الفضة بإضافة ثيوسيانات البوتاسيوم (أو الأمونيوم) من السحاحة حتى يصير اللون بني ضارب للحمرة .
- ٥ - كرر التجربة مع عيتين آخريتين :

### طريقة الحساب :

- يطرح من حجم محلول نترات الفضة المضاف حجم محلول نترات الفضة المتكافئة مع حجم محلول حمض الإيدروكلوريك القياسي .
- ١ مل نترات الفضة القياسي = ٠,٠٣٥٤٦ جم أيون من الكلوريد
- = ٠,٠٣٦٤٧ جم حمض الإيدروكلوريك
- ١ مل نترات الفضة 0.1N = ٠,٠٠٣٦٤٧ جم من حمض الإيدروكلوريك .
- نفرض أن حجم نترات الفضة الذي يكافئ ٢٥ مل من حمض الإيدروكلوريك  $V_2$  مل .
- ∴ حجم نترات الفضة الذي يكافئ الثيوسيانات =  $(V - ٥٠)$
- ١ مل ثيوسيانات البوتاسيوم أو الأمونيوم = ٠,١٠٨٨ جم فضة منها يمكن حساب قوة وعيارية محلول الثيوسيانات .

### ملحوظة :

- ١ - محلول شب الحديدك عبارة عن محلول ٤٠٪ لكبريتات الحديدك والأمونيوم المضاف إليها بضع قطرات من محلول 6N لحمض النريك .

### التجربة السادسة والعشرون :

تحليل خليط من حمض الهيدروكلوريك وكلوريد الصوديوم :

### الأساس النظري :

يقدر كل أيون الكلور بإضافة زيادة معلومة من محلول معروف القوة من نترات الفضة حيث يترسب كلوريد الفضة . وتقدر الزيادة من نترات الفضة بمحلول قياسي من ثيوسيانات البوتاسيوم مع استخدام دليل شب الحديد . وتقدر كمية حمض الهيدروكلوريك في المخلوط مباشرة بالمعايرة مع محلول قياسي من هيدروكسيد الصوديوم .



أعطيت خليطاً من  $\text{HCl}$  ،  $\text{NaCl}$  (حوالي  $\frac{N}{20}$  تقريباً من كل في اللتر) .

قدر قوة كل منها في الخليط مستخدماً المحاليل الآتية :

( أ ) محلول ثيوسيانات البوتاسيوم  $\frac{N}{20}$

( ب ) محلول نترات الفضة  $\frac{N}{20}$

( ج ) محلول هيدروكسيد الصوديوم  $\frac{N}{20}$

### طريقة العمل :

- ١ - اقل بالماء ١٠ مل من محلول الخليط إلى كأس نظيف ثم أضف إليها ١٠ مل من حمض النتريك المخفف . وأضف من محلول نترات الفضة حجماً معلوماً يزيد على كمية أيون الكلور وليكن ٣٠ مل ثم سخن بدون غليان كي تتجمع جزيئات الراسب من كلوريد الفضة .
- ٢ - أضف ١ مل من دليل شب الحديد ثم عاير الزيادة من نترات الفضة مع محلول الثيوسيانات حتى يظهر اللون البني الباهت ويكون مستديماً وليكن حجم الثيوسيانات هو  $x$  مل .
- ٣ - كرر التجربة مرتين .

- ٤ - خذ ١٠ مل أخرى من مخلوط الخليط وعابرها بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم مستخدماً دليل الميثيل البرتقالي وليكن حجم الهيدروكسيد  $m$  مل .

### الحساب :

تقدير  $\text{HCl}$  :

$$1 \text{ c. c. NaOH } \frac{N}{20} = 00,365 \times \frac{1}{20} \text{ gm. HCl}$$

ثم تحسب كمية  $\text{HCl}$  الموجودة في اللتر .

تقدير  $\text{NaCl}$  :

$$\therefore x \text{ c.c.s. } \frac{N}{20} \text{ KCNS} \equiv x \text{ c.c.s. } \frac{N}{20} \text{ Ag NO}_3$$

∴ (30 - x) يساوي حجم نترات الفضة المكافئ لكل أيون الكلور في المخلوط :

$$\therefore m \text{ c.c.s. } \frac{N}{20} \text{ NaOH} = m \text{ c.c.s. } \frac{N}{20} \text{ Ag NO}_3$$

$\therefore (x + m) - 30$  عبارة عن حجم محلول نترات الفضة المتفاعل فقط مع أيون

الكلور في NaCl

$$\therefore 1 \text{ c. c. } \frac{N}{20} \text{ AgNO}_3 = 0.0585 \cdot \frac{1}{20} \text{ gm. NaCl}$$

$$\therefore 30 - (x + m) \text{ c.c.s. } \frac{N}{20} \text{ AgNO}_3 = 0.0585 (30 - x + m)$$

ويكمل الحساب لتقدير كمية NaCl في اللتر .

التجربة السابعة والعشرون :

تحليل خليط من هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الصوديوم :

الأساس النظري :

يقدر هيدروكسيد الصوديوم في الخليط بالمعايرة مباشرة مع محلول معلوم العيارية من حمض الهيدروكلوريك ، أما كلوريد الصوديوم فيمكن تقديره بطريقة فوطارد بإضافة حمض النيتريك إلى الخليط ثم إضافة زيادة معلومة من محلول معروف القوة من نترات الفضة حيث يترسب كلوريد الفضة وتقدر الزيادة من نترات الفضة بمحلول قياسي من ثيوسيانات البوتاسيوم مع استخدام دليل شب الحديد .

المواد اللازمة :

خليط من هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد الصوديوم — محلول قياسي من كل من حمض الهيدروكلوريك ونترات الفضة وثيوسيانات البوتاسيوم — حمض النيتريك المخفف :

الطريقة :

١ — أنقل ١٠ مل من الخليط إلى دورق مخروطي . أضف قطرة من دليل الميثيل البرتقالي . أضف حمض الهيدروكلوريك من السحاحة حتى نقطة التعادل .

٢ — أنقل ١٠ مل أخرى من الخليط إلى دورق مخروطي . أضف قطرة من الفينولفثالين ثم أضف حمض النيتريك المخفف حتى يصير الخليط حمضي ( يختفي اللون الأحمر ) . أضف ٣٠ مل من محلول نترات الفضة ( حجم يزيد عن الحجم الذي يكافئ كلوريد الصوديوم ) .

٣- أضف ٢ مل من دليل شب الحديد ثم عاير الزيادة من نترات الفضة مع محلول ثيوسيانات البوتاسيوم حتى يظهر اللون البنى الباهت .

الحساب :

تقدير هيدروكسيد الصوديوم :



تقدير كلوريد الصوديوم :

نفرض x مل من ثيوسيانات البوتاسيوم تتعادل مع الزيادة من نترات الفضة ( إذا كانت عيارية كل من ثيوسيانات البوتاسيوم ونترات الفضة واحدة ) .



$\therefore$  حجم نترات الفضة الذى يتعادل مع كلوريد الصوديوم فى الخليط

$$= (30 - x)$$

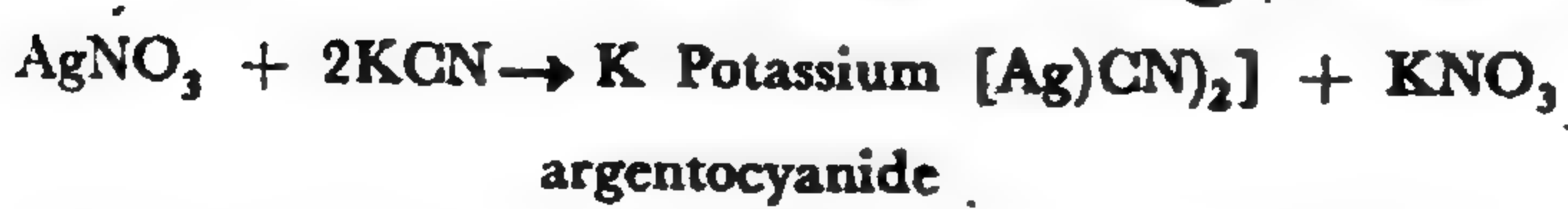


التجربة الثامنة والعشرون :

تقدير سيانيد البوتاسيوم :

الأساس النظرى :

يتفاعل سيانيد البوتاسيوم مع نترات الفضة طبقاً للمعادلة :



واضح من هذه المعادلة أن الوزن المكافئ لسيانيد البوتاسيوم يساوى ضعف الوزن الجزيئى :

المواد اللازمة :

محلول 0,1N نترات الفضة - محلول سيانيد البوتاسيوم مجهول العيارية - محلول ١٠٪ من

يوديد البوتاسيوم - محلول النشادر المخفف (6N) .

## ملحوظة :

سيانيد البوتاسيوم ، وكل أملاح السيانيد سامة وقاتلة ويجب اتخاذ الحيطة التامة عند استعمالها .

## طريقة العمل - طريقة ليبج : Liebig's method

١ - اقل ١٠ مل من محلول سيانيد البوتاسيوم بواسطة السحاحة وليس بالماصة (سيانيد البوتاسيوم مادة سامة ويجب استعمالها بحذر) . ثم خفف بالماء المقطر ثم أضف حوالى ٥ مل من محلول النشادر المخفف ثم ٢ مل من محلول يوديد البوتاسيوم (١٠٪) ضع الدورق على ورقة سوداء .

٢ - أضف محلول نترات الفضة من السحاحة حتى يظهر تعكير دائم :

٣ - كرر التجربة مرتين :

## ملحوظة :

عند نقطة النهاية يترسب سيانيد الفضة على هيئة راسب ( أبيض متجبن لا يذوب مرة أخرى ، ويتسبب في عدم ظهور نقطة النهاية بوضوح ) .  
وللتغلب على هذه الصعوبة فإن راسب أرجنتو سيانيد الفضة المتكون عند نقطة التكافؤ يذوب في محلول النشادر المضاف ، فإذا أضيف قليل من محلول يوديد البوتاسيوم قبل البدء في عملية المعايرة فإن يوديد الفضة ( الأصفر ) عديم الذوبان يترسب عند نقطة التكافؤ .

## الحساب :



## التجربة التاسعة والعشرون :

## تقدير نقاوة عينة من كلوريد الصوديوم :

يؤخذ وزن معين من العينة التجارية ( ٧ جم ) ثم تذاب في حجم معلوم من الماء في زجاجة عيارية وتتكون ٢٥٠ مل - يرسب الكلوريد في ٢٥ مل من هذا المحلول ، وذلك بإضافة كمية فائضة معلومة من محلول قياسي من نترات الفضة ، ( كما سبق شرحه في تحليل مخلوط من حمض الهيدروكلوريك وكلوريد الصوديوم ) ثم تعايير الزيادة من نترات الفضة في تجربة بمحلول قياسي من ثيوسيانات البوتاسيوم مع استخدام شب الحديدك ككليل ، ويقدر وزن كلوريد الصوديوم في

كل ٢٥ مل . ثم يحسب وزن الملح في الحجم الكلى للزجاجة العيارية : ( ٢٥٠ مل ) ، وليكن هذا الوزن هو « x » جم :

$$100 \times \frac{Y}{x} = \text{نقاوة كلوريد الصوديوم}$$

### طرق تحضير بعض الكواشف شائعة الاستعمال

دليل عباد الشمس : ينقع ١٠ جم من عباد الشمس الصلب في حوالي ٢٥٠ مل من الماء لعدة ساعات في مكان دافئ . ويصنى السائل الراثق ويضاف إليه بالتدريج حمض نيتريك مخفف حتى يصبح اللون بنفسجياً .

دليل الفينولفثالين : يضاف ٢ جم من الفينولفثالين في ٦٠٠ مل من الكحول الإيثيلي ثم يكمل بالماء المقطر إلى لتر .

دليل الميثيل البرتقالي : يذاب ١ جم من الميثيل البرتقالي في قليل من الكحول الإيثيلي ثم يكمل إلى لتر بالكحول المخفف بالماء المقطر ( بنسبة ١ : ١ ) .

دليل الميثيل الأحمر : يذاب ١ جم من الميثيل الأحمر في لتر من الماء الساخن أو يذاب ١ جم من الميثيل الأحمر في ٦٠٠ مل من الكحول ثم يكمل بالماء المقطر إلى لتر .

دليل يوديد البوتاسيوم مع النشا : يسخن ١ جم من النشا في ١٠٠ مل من الماء المقطر حتى الغليان ثم يضاف ١ جم من يوديد البوتاسيوم ثم يستعمل المحلول الراثق .



التركيز	طريقة التحضير	الكاشف
١ ع ، ٥ ر	١١٠٠ جم / لتر أو ٥٥ جم / لتر	حديد وسيانيد البوتاسيوم
١ ع ، ٥ ر	١٠٥ جم / لتر أو ٥٣ جم / لتر	حديد سيانيد البوتاسيوم
١ ع ، ٥ ر	١٦٦ جم / لتر أو ٨٣ جم / لتر	يوديد البوتاسيوم
١ ع	١٠١ جم / لتر	نترات البوتاسيوم
٣ ع ، ٥ ر	١٠ جم / لتر	نروبروسيد البوتاسيوم
٣ ع ، ٥ ر	٩٦ جم (مع الترشيح خلال الصوف الزجاجي)	برمنجنات البوتاسيوم
١ ع ، ٥ ر	٩٨ جم / لتر ، ٤٩ جم / لتر	ثيوسيانات البوتاسيوم
	يذاب ٨ جم في ٤٠٠ مل من حمض الكبريتيك ١٠٪ ويحفظ في زجاجة قاتمة اللون وبغاية عن الهواء .	الريزورسينول
	١ جم من الروزانيلين أو أحد أملاحه في ٥٠ مل من محلول ثاني أكسيد الكبريت البارد المحضر حديثاً . يترك المحلول حتى يصير عديم اللون بإضافة الفحم الحيواني والترشيح أو يتحول إلى الأصفر الباهت ثم يخفف بالماء إلى لتر واحد	كاشف شيف
١ ع ، ٥ ر	١٠٧ جم / لتر	نترات الفضة
٥ ع ، ٥ ر	يذاب ٥٠ جم من الملح في ٥٠٠ مل من الماء ، ثم يضاف محلول النشادر (المركز) حتى يصبح المحلول رائقاً . غالباً ما يحضر بكميات بسيطة بإضافة نقطة من محلول ١٠٪ من هيدروكسيد الصوديوم إلى حوالي ٥ مل من محلول نترات الفضة في أنبوبة اختبار ، ثم يضاف محلول النشادر المخفف نقطة نقطة مع الرج حتى تظهر آثار غير قابلة للذوبان من $Ag_2O$ يوضع مقدار من يكربونات الصوديوم في دورق ويغطى بالماء ثم يشع المحلول بغاز ثاني أكسيد الكبريت	نترات الفضة النشاري
٢ ع	١٠٦ جم / لتر (لامائي)	بيكربيت الصوديوم
٢ ع	٢٨٦ جم / لتر (١٠ ماء)	كربونات الصوديوم
٢ ع	يذاب ١٧ جم من الملح في ٢٥٠ مل من ماء أو يذاب ٧,٧ جم من نترات الكوبالت في ٣٠ مل ماء و ٦٠ جم من نترات الصوديوم في ٣٠ مل ماء ثم يخلط المحلولين مع التليب . يضاف ١٥ مل	كوبالت نترات الصوديوم

التركيز	طريقة التحضير	الكاشف
٢ ع ٥,٥ ع	من حمض الخليك الثلجي ثم يرج المحلول ويخفف بالماء إلى ٢٥٠ مل ويترك مدة ثم يرشح ( ثابت لعدة أسابيع ) ١٣٠ جم / لتر ٨ جم / لتر ( محلول مشبع ) يضاف البروم إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم ( ١٠ % ) حتى يصبح لون المحلول برتقالياً باهتاً يذاب ٤ جم من الملح في ٨ مل من حمض الكبريتيك المركز ثم يخفف المحلول المتكون بالكحول ( ٩٠ % ) حتى يصير المحلول ٢٥٠ مل ٢٧٠ جم / لتر ماء يمرر الكلور في محلول هيدروكسيد الصوديوم ٨ % ١٢,٧ جم من اليود في محلول يحتوي على ٢٠ جم من KI النقي في ٣٠٠ مل في الماء. ٨١ جم / لتر . ثم خفف إلى لتر . يذاب ٣ جم في نترات الفضة في ٣٠ جم من الماء ثم يذاب ٣ جم من هيدروكسيد الصوديوم في ٣٠ مل من الماء - يخلط المحلول ثم يصف بالتدريج محلول النشادر حتى يذوب الراسب المتكون ( تجري التجربة باحتراس ) ٤٠٨ جم / لتر ماء	هيبورميت الصوديوم كبريتات الفضة هيبورميت الصوديوم ٢ : ٤ ثنائي نثروفينيل سلفات كربونات الأمونيوم هيبوكلوريت الصوديوم محلول اليود ثيمسيانات الصوديوم كاشف تولين
٥ ع	٥٦ جم من الملح في ١٠٠ من حمض HCl المركز ثم خفف إلى لتر بالماء واترك بضع قطع من القصدير في المحلول لمنع الأكسدة . ١٥٠ جم / لتر من الماء . ١٦٠ جم / لتر ماء يحتوي على ٣ مل من حمض الكبريتيك المركز . ١٣٥ جم من الملح المائي / لتر من الماء يحتوي على ٣٠ مل من حمض الإيدروكلوريك المركز . ١٤ جم من الملح / لتر من الماء الذي يحتوي على ٧ مل من حمض الكبريتيك المركز . يشع ٥٠ مل من الماء بغاز كبريتيد الإيدروجين الناتج من جهاز كب .	خلات الصوديوم كلوريد القصدير نترات الخارصين كبريتات النحاس كلوريد الحديد كبريتات الحديدوز محلول كبريتيد الإيدروجين

التركيز	طريقة التحضير	الكاشف
	جزء من الفورمالدهيد إلى ٧ أجزاء من الماء . يستخدم محلول ٣٪ إلى ١٠ حجوم . يذاب ١٢,٧ جم من اليود في محلول من ٣٠ جم من يوديد البوتاسيوم في ٣٠ مل من الماء ويخفف المحلول الناتج إلى لتر واحد . ٩٥ جم / لتر .	الفورمالدهيد فوق أكسيد الهيدروجين محلول اليود
ع ١ ع ٥	يذاب ٥٥ جم من كلوريد المغنسيوم ، ١٣٥ جم من كلوريد الأمونيوم في الماء ثم يضاف ٣٥٠ مل من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز . يخفف المحلول الناتج بالماء إلى لتر واحد . ٨٠ جم / لتر ماء . ١٠١ جم / لتر . ٦٢٣ جم / لتر . ٢٧ جم / لتر . ٥٠ جم / لتر . ٢٠ جم / لتر كحول ٩٠ ٪ .	خلات الرصاص محلول المعسبا
ع ١ ع ١ ع ١ ع ٥ ع ١	١٠ جم / لتر محلول هيدروكسيد الصوديوم ٢٠ ٪ يذاب ٥٠ جم من يوديد البوتاسيوم في ٥٠ مل ماء ثم يضاف بالتدريج محلول مشبع من كلوريد الزئبق ( ٦٠ جم / لتر ) مع استمرار التقليب حتى يتكون راسب واضح ثم يضاف ٤٠٠ مل من هيدروكسيد البوتاسيوم ( ٤٩٦ جم / لتر ) ثم يخفف بالماء إلى لتر واحد ، يترك المحلول جانبا لمدة يوم ثم يستخدم السائل الراقق ( يحفظ هذا المحلول في زجاجات قاتمة اللون ) ١٩٦ جم / لتر ٤٩ جم / لتر ٦٥ جم / لتر	نترات الأمونيوم كلوريد المغنسيوم كبريتات المغنسيوم كلوريد الزئبق نترات الزئبق ألفا - نافثول بيتا - نافثول كاشف نسلر
ع ٢ ع ١ ع ١	أصف ٣٥ مل من الماء المثل إلى عجينة من ١ جم من النشا الصلب في قليل من الماء البارد ثم يخفف المحلول إلى لتر وتضاف نقطة أو قطعتين من الكلوروفوم إلى المحلول للتثبيت ثم يضاف ١ جم يوديد البوتاسيوم	كرومات البوتاسيوم بيكرومات البوتاسيوم سيانيد البوتاسيوم محلول النشا

الكاشف	طريقة التحضير	التركيز
كلوريد الباريوم	٦١ جم / لتر	٥ ع
نترات الباريوم	٢٧ جم / لتر	١ ع
نترات البزموت	١٢ جم من الملح في لتر من حمض النريك (٦ ع).	١ ع
ماء البروم	٣٥ جم أو ١١ مل من البروم / لتر	٥ ع
كلوريد الكالسيوم	٥٥ جم من الملح المائي في اللتر	٣ ع
كبريتات الكالسيوم	٣ جم / لتر (مع الترشيع)	٠.٣ ع
ماء الكلور	شبع لترًا من الماء (٦.٥ جم كلور لكل لتر) واحفظه في زجاجات قاتمة اللون	١ ع
نترات الكوبالت	٤٤ جم / لتر	١ ع
كاشف دينجز (رقم ١)	يذاب ٥٠ جم من أكسيد الزئبق الأحمر في مخلوط من ٢٠٠ مل من حمض الكبريتيك المركز مع الماء ثم يضاف ماء إلى المحلول حتى يكمل إلى لتر واحد يذاب ٢٠ جم من برمنجانات البوتاسيوم في لتر من الماء.	
كاشف دينجز (رقم ٢)	١٢ جم / لتر من الكحول ٩٥٪.	
ثنائي ميثيل الجلايوكريم	٢٤,٦٤ جم من كبريتات النحاس في ٥٥٠ مل من الماء.	
محلول فهلنج (رقم ١)	٧٠ جم من هيدروكسيد الصوديوم ١٧٥٠ جم من طرطرات الصوديوم (ملح روشيل) في ٥٠٠ مل من الماء.	
محلول فهلنج (رقم ٢)	٨٨ جم / لتر.	
كبريتات الأمونيوم والجليدوز	١٣٢ جم / لتر ماء.	١ ع
كبريتات الأمونيوم	٣٨ جم / لتر ماء.	٤ ع
نيوسيانات الأمونيوم	٣٢١ جم / لتر.	٢ ع
خلات الأمونيوم	يذاب ٨٠ جم من الملح في محلول من ١٥٠ مل من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز ٨٦٠ : ١٠٠ مل من الماء.	٢ ع
كربونات الأمونيوم	١٠٨ جم / لتر.	٢ ع
كلوريد الأمونيوم	تذاب ٤٥ جم من الملح في مخلوط من ٤٠ مل من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز ٦٠ : ١٠٠ مل من الماء ثم يضاف هذا إلى مخلوط من ٢٥٠ مل	
مولبيدات الأمونيوم		

الكاشف	طريقة التحضير	التركيز
أكسالات الأمونيوم كبريتات الأمونيوم كبريتيد الأمونيوم ( عديم اللون ) كبريتيد الأمونيوم ( أصفر ) ثيوسيانات الأمونيوم كاشف بارفويد كلوريد الباريوم	<p>حمض النريك المركز ، ٥٠٠ مل من الماء مع استمرار التقليب . يخفف المحلول بالماء إلى لتر واحد ويترك المحلول لمدة يوم ثم يستخدم السائل الناتج .</p> <p>٣٥ جم / لتر ١٣٢ جم / لتر</p> <p>يشبع ٢٠٠ مل من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز بغاز كبريتيد الهيدروجين مع مراعاة بقاء المحلول بارداً ( بالثلج ) ثم يضاف نفس الحجم من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز ، ثم يخفف بثلاثة أمثال حجمه من الماء .</p> <p>يشبع ١٥٠ مل من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز البارد بغاز كبريتيد الهيدروجين ثم يضاف ١/٢ جم من مسحوق الكبريت ، ٢٥٠ مل من محلول هيدروكسيد الأمونيوم المركز ، ثم يرج المحلول حتى يذوب الكبريت ويخفف بالماء إلى لتر واحد</p> <p>٧٦ جم / لتر</p> <p>٦٦,٥ جم من بلورات خلاص النحاس المتعادلة في لتر من محلول حمض الخليك ١٪ .</p> <p>١٣٢ جم / لتر .</p>	<p>٥,٥ ع</p> <p>٦ ع</p> <p>١ ع</p>



التركيز	التركيب المثلوي بالوزن	الوزن النوعي	الكاشف
ع ١٧	٩٩,٥	١,٥٥	حمض الخليك . . . .
ع ١٠	٣٢	١,١٧	حمض الهيدروكلوريك . . . .
ع ١٢	٣٧,٩	١,١٩	حمض الهيدروكلوريك « الملخن » . . . .
ع ١٦	٦٩,٧	١,٤٣	حمض النتريك . . . .
ع ٢٢	٩٤	١,٥٠	حمض النتريك « الملخن » . . . .
ع ٩	٦٠	١,٧٠	حمض فوق الكلوريك . . . .
ع ١٥	٨٥,٥	١,٦٩	حمض الفوسفوريك . . . .
ع ٣٦	٩٨	١,٨٤	حمض الكبريتيك . . . .

## الأحماض المخففة

التركيز	طريقة التحضير	الكاشف
ع ٢	١١٤ مل / لتر	حمض الخليك . . . .
ع ٢	١٧٢ مل / لتر	حمض الهيدروكلوريك . . . .
ع ٢	١٢٤ مل / لتر	حمض النتريك . . . .
ع ٣	٥٦ مل / لتر	حمض الكبريتيك . . . .
ع ٠,٣	محلول مشبع	حمض الكبريتوز . . . .

## القلويات

التركيز	طريقة التحضير	الكاشف
ع ١٥٠	(وزنه النوعي) ٠,٨٨ (٢٨٪)	محلول نشادر « مركز » . . . .
ع ٢	١٣٤ مل / لتر	محلول نشادر « مخفف » . . . .
ع ٠,٣٤	٧٠ جم / لتر (مع الترشيح)	هيدروكسيد الباريوم . . . .
ع ٢	٣-٢ جم / لتر	هيدروكسيد الكالسيوم . . . .
ع ٢	٨٨ جم / لتر	هيدروكسيد الصوديوم . . . .
ع ٢	١٣٤ جم / لتر	هيدروكسيد البوتاسيوم . . . .
-	٣٦ جم / لتر (كحول)	هيدروكسيد البوتاسيوم الكحولي . . . .

## الإسعافات الأولية لحوادث المعمل

في حالة حدوث أى حوادث بالمعمل يجب أن ينادى على المعيد في الحال ليتولى الأمر بنفسه ويمكن تجهيز صيدليات للإسعافات الأولية توضع في مكان سهل الوصول إليه في المعمل على أن تحوى المواد الآتية معنوية بوضوح :

١ - ضمادات مختلفة الحجم من نسيج رقيق من الحرير وآخر من الكتان وآخر من القطن بشرائط لاصق (إلاستوبلاست Elastoplast) أو أى نوع مشابه له وحمامة ..

٢ - ملقط دقيق وإبر وخيوط ومقص ودبابيس .

٣ - قطارة دقيقة .

٤ - نظارتان .

٥ - فازلين وزيت خروع وزوج النشادر العليار ومنحوق حمض البوريك ومسحوق كربونات الصوديوم ومسحوق سلفايردين .

٦ - مرهم بكرات البيوتسين ومنحطب الأكريفلافين مثل (Burnol برنول)

٧ - هلام حمض التنيك مثل (Tannafax تانافكس) .

٨ - بطانية ضد الحريق وتحفظ في مكان خاص خارج صيدلية الإسعافات الأولية .

٩ - زجاجات تحتوى على :

١ . % حمض البوريك .

١ . % حمض الخليك .

محلول مركز من بيكربونات الصوديوم .

١ . % محلول بيكربونات الصوديوم .

كحول .

جلسرين .

بنزول خفيف (درجة غليانه ٨٠ - ١٠٠°م) .

مطهر (مثل الديثول Dettol أو T.C.P) .

## الحروق

الحروق للتسبب عن الحرارة : ( مثل اللهب والأجسام الساخنة . . إلخ ) .  
في حالات الحروق البسيطة التي لم يتهتك معها الجلد يمكن استخدام هلام حمض التنيك أو هلام الأكريلافين أو مرهم بكرات اليونسين .

أما في الحروق الكبيرة أو الحروق التي يحمر معها الجلد أو الحروق التي تسبب قففة في الجلد فيمكن استخدام هلام الأكريلافين أو هلام بلورات البنفسج بدون تأخير وتطلب المساعدة الطبية في الحال :

### الأحماض على الجلد :

يفسل الجلد في الحال بكميات كبيرة من الماء ثم بمحلول كربونات الصوديوم المركزة ثم أخيراً بالماء . فإذا كان الحرق بالحمض خطيراً يجب أن يتبع هذا بظهور ثم يجفف الجلد وينطلى بهلام الأكريلافين .

### الاقلاء على الجلد :

يفسل الجلد في الحال بكميات كبيرة من الماء ثم بمحلول حمض الخليك ( ١٪ ) وأخيراً بالماء فإذا كان الحرق خطيراً يتبع ذلك بمظهر ويجفف الجلد وينطلى بهلام الأكريلافين .

### البروم على الجلد :

يفسل الجزء المتأثر من الجلد في الحال بكميات كبيرة من أثير البترول ثم يبدل الجلد بالجلسرين ويترك الجلسرين فترة من الوقت على الجلد ثم يزال ويستخدم هلام الأكريلافين .

### الصوديوم على الجلد :

إذا كانت بعض بقايا الصوديوم موجودة على الجلد تزال بملقط في الحال ثم يفسل الجلد بالماء جيداً ثم بمحلول حمض الخليك ( ١٪ ) وأخيراً يغطى بنسيج رقيق مشبع بزيت زيتون أو هلام الأكريلافين .

### الفسفور على الجلد :

يفسل الجلد جيداً بالماء البارد ثم يعالج بمحلول نترات القضة :

### كبريتات الميثيل على الجلد :

يفسل الجلد جيداً في الحال بكمية كبيرة من محلول النشادر المركز ثم يبلل الجلد بلطف بقطعة من القطن مشبعة بمحلول النشادر المركز .

### مواد عضوية على الجلد :

يفسل الجلد بالكحول ثم بالصابون والماء الفاتر

## القطع على الجلد

إذا كان القطع صغيراً يترك ليدى قليلاً لبضع ثوان مع ملاحظة عدم وجود بقايا زجاج بالجلد ثم يظهر الجرح بالكحول أو الديتول أو محلول الكلورامين ت ١ / ١ أو مسحوق السلفا ديميدين ويعصب الجرح بضمادة :

أما إذا كان القطع خطيراً فيستدعى الطبيب في الحال وحتى يخضر الطبيب يظهر الجرح ويستخدم بعض الضغط على الجرح ليدى لمدة لا تزيد على خمس دقائق .

## حوادث العين

في كل حالات إصابات العين يحسن استدعاء الطبيب للمريض فإذا كان الحادث خطيراً وجب طلب المساعدة الطبية في الحال مع عمل الإسعافات الأولية مؤقتاً :

### الحمض في العين :

إذا كان الحمض مخففاً تغسل العين مراراً بمحلول بيكربونات الصوديوم ( ١ / ١ ) في حمام العين أما إذا كان الحمض مركزاً تغسل العين أولاً بكمية كبيرة من الماء ثم بمحلول كبريتات الصوديوم :

### الاقلاء في العين

نستخدم نفس طريقة الفسيل للعين المتبعة في حالة الحمض إلا أن الفسيل هنا يجب أن يكون بمحضر البوريك (١٪) بدلا من محلول بيكربونات الصوديوم .

### البروم في العين

تفسل العين جيداً بالماء ثم بمحلول بيكربونات الصوديوم (١٪) :

### الزجاج في العين

يزال الزجاج المنفرد بلطف من العين بملقط أو يفسل العين بالماء في حمام العين ويستدعى الطبيب في الحال :

والآلام النسيجية عن الحوادث البسيطة للعين يمكن تخفيفها بوضع نقطة من زيت الخروع في ركن العين .

## الحرائق

### الملابس المشتعلة :

يمنع الشخص المشتعل من الجرى أو النهوة للهب ويطرح المريض أرضاً ويلف ببطانية ضد الحريق بأحكام حول الملابس المشتعلة حتى تنطفئ النار .

### المحاليل المشتعلة :

تطفأ مصابيح الغاز في المعمل وكذلك جميع الأجهزة الكهربائية القريبة من الحريق ويبعد كل شيء مشتعل ، والتحكم في الحريق يعتمد على حجمه ونوعه .

فمثلا إذا كان الحريق صغيراً كاحتراق محلول في كأس و دورق أو حمام زيتي فإنه يطفأ بقطعة من القماش مبللة بالماء وبذلك تخمد أنفاس الغاز في الحال لقلة الهواء .

أما إذا كان الحريق كبيراً فيستخدم الرمل الجاف في عملية الإطفاء ولذلك يجب توزيع جرادل الرمل الجاف في كل مكان في المعمل لاستعمالها عند اللزوم ويطفأ معظم النار من على مناضد المعمل باستخدام كمية كافية من الرمل . وإذا ما استعمل الرمل مرة يجب التخلص منه بعد ذلك إذ ربما يكون محتويًا على كميات كافية من المواد المتلتهبة غير الطيارة ( مثل الترونتريل )



مع أن الرمل عامل مؤثر قوى في إخماد اللهب إلا أن من مضاره تلف المواد الملقى عليها وتحطيم الأجهزة الزجاجية المحيطة بمنطقة اللهب من تأثير نقل الرمل :

ويمكن بطريقة أخرى إطفاء الحرائق الصغيرة برابع كلوريد الكربون إذ يوجه مباشرة إلى اللهب بكميات ضخمة وباستمرار من مضخة صغيرة خاصة (مثل مضخة إطفاء الحريق « بيرين ») وتغطية أبخرة رابع كلوريد الكربون الثقيلة للمنطقة المشتعلة هي التي تتسبب في إخماد النار .

ويجب أن يراعى بوجه خاص ما يأتي :

( أ ) عدم استعمال رابع كلوريد الكربون إذا كانت المادة المشتعلة صوديوم أو بوتاسيوم وإلا حدث انفجار مائل .

( ب ) يجب تهوية العمل في الحال بعد إخماد النار للتخلص من الأبخرة السامة مثل الفوسجين .

( ج ) عند إخماد زيت مشتعل أو مذيب عضوي يجب عدم استعمال الماء لأنه يساعد على انتشار الغاز بينما يكون المخلوط من الرمل وكربونات الصوديوم تأثير قوى على الإطفاء .

## التسموم

إما أن تكون صلبة أو سائلة :

( أ ) إذا كانت بالقم ولم تبلغ في المعدة : يصبى من القم في الحال ويغسل القم مراراً .

( ب ) إذا ابتلع السم في المعدة : يستدعى الطبيب في الحال وفي هذه الأثناء يجب إعطاء جرعة ضد السم حسب طبيعة المادة السامة :

١ - أحماض بما فيها حمض الأكساليك : تخفف بشرب كميات كبيرة من الماء مصحوباً بماء الجمل أو مستحلب المغنيسيا ويعطى اللبن بكثرة ولا تعطى مقينات ؟

٢ - القلويات الكاوية : تخفف بشرب كميات كبيرة من الماء مصحوباً بالحليب أو عصير الليمون أو البرتقال أو محاليل حمض اللكتيك أو الليمونيك ويعطى بكثرة ولا يعطى أى مقيء .

٣ - أملاح الغازات النقية : يعطى لبن أو بياض البيض :

٤ - مركبات الزرنيخ والزرنيق : يعطى مقيء في الحال (مثلاً ملعقة شاي واحدة من الخردل وملعقة كبيرة من ملح الطعام أو كبريتات الخارصين في كوب به ماء فاتر) .

### الغاز :

يبعد المريض عن جو الغاز إلى الهواء الطلق وتفك الأربطة التي حول العنق فإذا ما استنشق المريض غاز الكلور أو البروم بكميات صغيرة وجب أن يستنشق أبخرة النوشادر أو يتنفس بمحلول بيكربونات الصوديوم ثم يستحب المريض حبات الأوكالبتس (Eucalyptous Pastilles) أو يشرب روج القرقة أو النعناع المخفف لحماية الحنجرة والرتة .  
أما إذا وقف التنفس أمكن عمل التنفس الصناعي للمريض :

### ملحوظة :

يجب أن يلاحظ أن الحوادث الشائعة هي حوادث العين ولذلك وجب وضع نظارة على العين أثناء العمل بالمعمل أما إذا دخلت قطعة من مادة داخل العين وجب أن يغسلها الطالب في الحال بالماء حيث إن التأخير لبضع ثوان قد يؤدي إلى مرض عضال غير قابل للشفاء .

## جدول الأوزان الذرية للعناصر الشائعة ورموزها

الرمز	الوزن الذري	العنصر	الرمز	الوزن الذري	العنصر
Li	٦,٩٤٠	ليثيوم	Al	٢٦,٩٨١	ألومنيوم
Mg	٢٤,٣١٢	مغنسيوم	Sb	١٢١,٧٦	أنثيمون
Hg	٢٠٠, ٦١	زئبق	A	٧٩,٩٤٨	أرجون
Mo	٩٥,٩٥	موليبدينوم	A٥	٧٤,٩١	زرنيخ
Nc	٢٠,١٨٣	نيون	Ba	١٣٧,٣٦	باريوم
Ni	٥٨,٦٩	نيكل	Bi	٢٠٨,٩٨	بزموت
N	١٤,٠٠٨	نيتروجين	Br	٧٩,٩٠٩	بروم
O	١٦,٠٠٠	أكسجين	Cd	١١٢,٤١	كاديوم
P	٣٠,٩٧٣٨	فسفور	Ca	٤٠,٠٨	كالسيوم
Pt	١٩٥,٠٩	بلاتين	C	١٢,٠١	كربون
K	٣٩,١٠٢	بوتاسيوم	Cl	٣٥,٣٥٧	كلور
Si	٢٨,٠٨٦	سليكون	Cr	٥١,٩٩٦	كروم
Ag	١٠٧,٨٧	فضة	Co	٥٨,٩٤	كوبلت
Na	٢٢,٨٩٨	صوديوم	Cu	٦٤,٧٤	نحاس
Sr	٨٧,٦٢	سترونشيوم	F	١٨,٩٩٨٤	فلور
S	٣٢,٠٦	كبريت	Au	١٩٦,٩٦٧	ذهب
Sn	١١٨,٧٠	قصدير	He	٤,٠٠٢	هيليوم
U	٢٣٨,٠٧	يورانيوم	H	١,٠٠٨٠	هيدروجين
Xc	١٣١,٣٠	زينون	I	١٢٦,٩٢	يود
Zn	٦٥,٣٨	خارصين	Fe	٥٥,٨٥	حديد
Zr	٩١,٢٢	زركون	Pb	٢٠٧,٢١	رصاص

## توجيهات لطلبة

- ١ - يجب المحافظة على المواعيد المحددة للدروس العملية وأن تدخل العمل بنظام وهدوء دون ضوضاء - وأن تقف في المكان المحدد لك .
- ٢ - يجب لبس المعطف الأبيض محافظة على ملابسك :
- ٣ - يجب تلوين جميع المشاهدات والاستنتاجات وأن تتقيد بخطوات العمل في كل تجربة :
- ٤ - يجب أن تحافظ على مكانك نظيفاً ولا تلتقي بعيدان الثياب أو أوراق الرشيق في الأحواض أو على المنضلة بل القها في صندوق المهملات .
- ٥ - بعد استخدام الزجاجات الموجودة على الرفوف يجب إعادتها إلى مكانها مع إحكام إغلاقها - ولا يجوز تركها على المنضلة حتى ينسى لغيرك استعمالها .
- ٦ - يجب فتح صنبور المياه لبرهة عند إلقاء الأحماض المركزة في الأحواض حتى تصبح مخففة منعاً لكل أنابيب الصرف :
- ٧ - يجب علم الإشراف في استعمال المياه أو الكهرباء أو الغاز أو المواد الكيماوية التي تقوم باستخدامها :
- ٨ - على كل طالب أن يلم - بالإرشادات الخاصة بالإسعافات الأولية والحريق .





رقم الإيداع	١٩٨٢/٥٥٥٣
الترقيم الدولي	ISBN ٩٧٧-٠٢-٠٢٧٥-٤

٣/٨٢/٥٥

طبع بمطابع دار المعارف (ج. م. ع.)











03955





بمكتبة الإسكندرية  
Bibliotheca Alexandrina



0210418

3 70